
PRACE

**Instytutu Ceramiki
i Materiałów Budowlanych**

Scientific Works
of Institute of Ceramics
and Building Materials

Nr 24
(styczeń–marzec)

Prace są indeksowane w BazTech i Index Copernicus

ISSN 1899-3230

Rok IX

Warszawa–Opole 2016

EWELINA KIREJCZYK*

Modyfikacja sulfonowanego polikondensatu melamino-formaldehydowego montmorillonitem. Wpływ montmorillonitu na właściwości zaprawy cementowej

Słowa kluczowe: sulfonowany polimer melamino-formaldehydowy, montmorillonit, domieszki, kompozyty polimerowo-glinokrzemianowe, bentonit.

W artykule scharakteryzowano kryteria oceny właściwości fizykochemicznych montmorillonitów i możliwość ich zastosowania jako czynnika modyfikującego domieszki do zapraw cementowych. W ramach pracy modyfikowano sulfonowany polimer melamino-formaldehydowy z dostępnymi komercyjnie bentonitami i badano wpływ otrzymanych kompozytów na właściwości zapraw cementowych. Oceniono oddziaływanie doboru metod otrzymywania kompozytu oraz rodzaju użytego bentonitu na cechy otrzymanej domieszki.

1. Wstęp

Stosowanie modyfikatorów do betonów i zapraw cementowych jest praktykowane od dawna i ciągle wzrasta wraz z postępem nauki w tej dziedzinie. Obecnie wytwarza się osiem klas domieszek zgodnie z klasyfikacją opartą na normie PN-EN 934-2:2009. Stosowanie domieszek jest efektywnym sposobem uzyskania pożądanych cech betonu, uwarunkowanych technologią wykonania i przeznaczeniem konstrukcji lub elementu. Rosnące wymagania ze strony użytkowników przyczyniają się do opracowywania nowych, ulepszonych dodatków [1–2]. Jednym z powszechnych sposobów udoskonalenia domieszek chemicznych jest wprowadzenie dodatków mineralnych, które zgodnie z normą PN-EN 206:2014-4 dzielą się na dwa typy. Typ I – minerały nieaktywne (mączki skalne), które wypełniają przestrzeń między ziarnami kruszywa drobnego i grubego oraz poprawiają urabialność mieszanki betonowej oraz typ II – minerały aktywne (pyły krzemionkowe, popioły lotne, mielony żużel) wykazujące właściwości

* Mgr inż., Instytut Ceramiki i Materiałów Budowlanych w Warszawie, Oddział Inżynierii Procesowej Materiałów Budowlanych w Opolu, e.kirejczyk@icimb.pl

pucolanowe i pucolanowo-hydrauliczne w reakcji z zaczynem cementowym. Inną niezależną grupę stanowią żywice organiczne [3].

Popularne wśród materiałów stosowanych do modyfikacji domieszek są skały ilaste ze względu na swą dostępność, niski koszt, wytrzymałość chemiczno-termiczną i aspekt ekologiczny [4]. Jest to grupa glinokrzemianów o charakterystycznej budowie warstwowej, najpowszechniejszym z nich jest montmorillonit (MMT) występujący w skałach ilastych. Jego strukturę tworzy układ pakietów 2:1, w którym dwa tetraedry tlenu krzemu otaczają wewnątrz usytuowany oktaedr tlenu glinu. W przestrzeniach międzypakietowych znajdują się kationy metali alkalicznych i ziem alkalicznych, głównie Na^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , K^+ lub H^+ , które determinują właściwości MMT [5]. Montmorillonity to materiały o charakterze hydrofilowym, wykazujące wysoką zdolność kationowymienną (CEC) [6]. Cecha ta umożliwia wprowadzenie w międzywarstwy związków o charakterze kationowym lub polarnym [7]. Utworzenie kompozytów z polimerami o właściwościach hydrofobowych wymaga organofilizacji glinokrzemianów w celu kompatybilności obu składników [5].

2. Rodzaje i metody otrzymywania nanokompozytów

Technologia wytwarzania kompozytów polimerowo-glinokrzemowych polega głównie na wprowadzeniu cząsteczek polimeru w przestrzeń międzypakietową bądź adsorpcji polimeru na zewnętrznej powierzchni MMT [8]. W zależności od oddziaływań międzyfazowych pomiędzy polimerem a glinokrzemianem można wyróżnić trzy rodzaje nanokompozytów [9]:

- nanokompozyty interkalowane – cząsteczki polimeru w regularny sposób ułożone są pomiędzy warstwami glinokrzemianu;
- nanokompozyty flokulowane – budowa porównywalna do nanokompozytu interkalowanego z tą różnicą, że warstwy MMT ulegają flokulacji pod wpływem oddziaływania grup hydroksylowych znajdujących się na powierzchni glinokrzemianu;
- nanokompozyty eksfoliowane – wszystkie warstwy glinokrzemianu są rozdzielone na matrycy polimerowej.

Stosowane i modyfikowane polimery mają najczęściej charakter hydrofobowy, co utrudnia wprowadzenie ich w strukturę hydrofilowego montmorillonitu. W celu poprawienia kompatybilności z matrycą polimerową modyfikuje się je solami alkiloamoniumowymi, imidazolowymi lub alkilofonowymi. Modyfikacja polega na wymianie kationowej pomiędzy kationem metalu MMT a kationem soli organicznej. Wprowadzenie łańcucha organicznego dodatkowo zwiększa odległości pomiędzy warstwami glinokrzemianu, co jest niezwykle pożądane w procesie tworzenia nanokompozytów [10–11].

Wyróżnia się trzy główne metody otrzymywania nanokompozytów [9]:

1. Interkalacja polimeru lub pre-polimeru metodą rozpuszczalnikową – polimer i glinokrzemian umieszczone w rozpuszczalniku, np.: toluen, woda czy aceton, pęcznieją, a następnie są mieszane, w wyniku czego łańcuchy polimeru interkalują między warstwy glinokrzemianu.
2. Inerkalacja w trakcie polimeryzacji – glinokrzemian umieszcza się w monomerze bądź roztworze monomeru aż do spęcznienia, a następnie prowadzi się proces polimeryzacji.
3. Interkalacja poprzez wtopienie – wprowadzenie glinokrzemianu w temperaturze mięknięcia polimeru.

3. Analiza chemiczna bentonitów

W pracy przebadano cztery aktywowane alkaicznie bentonity komercyjne o nazwach handlowej: Boregel S130 (Polroc I), Tixobent (Zakłady Górniczo-Metalowe Zębice), Bentonit GM (Zakłady Górniczo-Metalowe Zębice) oraz Bentonit HT (Zakłady Górniczo-Metalowe Zębice) o zawartości montmorillonitu ok. 75%. Bentonit HT w przeciwieństwie do pozostałych był modyfikowany solą sodową polimeru akrylowego (ok. 0,15%). W bentonitach oznaczono zawartość SiO_2 , Al_2O_3 , CaO, MgO i Fe_2O_3 oraz zawartość Fe, Mn i Al metodą ICP-MS (tab. 1). Celem określenia rodzaju kationów znajdujących się między warstwami MMT sporządzano wyciągi wodne w stosunku 1:300 bentonit:woda i oznaczono zawartości kationów i anionów metodą chromatografii jonowej (IC) (tab. 2). Na podstawie wyników analiz można stwierdzić, że najwyższa ilość MMT zawarta jest w bentonicie Bentonit GM, a najniższa Boregel S130. Bentonit GM jest montmorillonitem charakteryzującym się wysoką zawartością Na^+ i K^+ , Boregel S130 – K^+ i Ca^{2+} , Tixobent – Na^+ , Ca^{2+} i K^+ , a Bentonit HT – Na^+ .

Tabela 1

Analiza chemiczna bentonitów

Bentonit	SiO_2 [%]	Al_2O_3 [%]	CaO [%]	MgO [%]	Fe_2O_3 [%]	Al [%]	Fe [%]	Mn [%]	Stosunek masowy $\text{SiO}_2:\text{Al}_2\text{O}_3$	Suma SiO_2 i Al_2O_3 [%]
Bentonit GM	58,7	15,0	2,3	3,6	3,6	5,8	1,5	0,05	3,9:1	74
Bentonit HT	52,7	18,5	2,1	3,3	2,3	7,6	1,3	0,03	2,9:1	71
Tixobent	57,7	15,6	2,5	2,8	3,9	6,6	1,4	0,09	3,7:1	73
Boregel S130	54,2	15,4	2,1	3,4	3,6	7,0	1,2	0,02	3,5:1	70

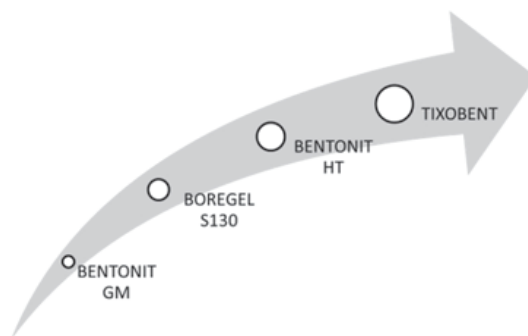
Źródło: Tab. 1–5 opracowanie własne.

Tabela 2

Zawartość kationów i anionów w wyciągu wodnym MMT

Bentonit	Zawartość kationów [mg/kg]			Zawartość anionów [mg/kg]	
	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻
Boregel S130	–	541	454	1 774	280
Tixobent	17 657	544	511	2 313	465
Bentonit GM	15 277	998	81	2 761	1 712
Bentonit HT	89	–	–	8	–

Dla wszystkich bentonitów oznaczono zawartość wody, węglanów, wyznaczono wartość pH, higroskopijność oraz zdolność wymiany kationowej (CEC). Zawartość węglanów w przebadanych bentonitach mieściła się w granicy 20–40 g/kg, zawartość wody 7–11%, a pH dla 10% roztworów wodnych 10–11. Higroskopijność, definiowana jako podatność do pochłaniania wody lub zdolność wiązania się z nią, wyznaczono poprzez wysuszenie próbek w temperaturze 105°C, a następnie pozostawienie w temperaturze pokojowej w pomieszczeniu o wilgotności względnej powietrza ok. 70% na 48 godzin. Po upływie tego czasu ponownie wysuszono próbki w temperaturze 105°C do stałej masy i wyliczono ilość zaadsorbowanej pary wodnej. Uzyskane wartości były bardzo zbliżone dla wszystkich rodzajów bentonitów i nie przekraczały 1,5%. Kluczową cechą glinokrzemianów jest zdolność kationowymienna (CEC), określająca podatność adsorbowania kationów z roztworu wodnego na zasadzie wymiany. Kationy występujące na powierzchni zewnętrznej oraz w przestrzeniach międzypakietowych ulegają desorpcji, a kationy obecne w roztworze adsorpcji. Parametr ten jest charakterystyczny dla minerałów ilastych i bardzo istotny w procesach modyfikacji i aktywacji MMT [12–13], stanowi również wskaźnik takich właściwości, jak: zdolność pęcznienia, wytrzymałość mechaniczna, zdolność sorpcyjna i przewodność elektryczna [14]. Do wyznaczenia CEC bentonitu użyto 0,1 M roztwór NH₄Cl, w którym wytrząsano 1 g próbki na wytrząsarce poziomej przez 24 godziny. Po upływie tego czasu roztwór przesączono pod zmniejszonym ciśnieniem, stosując sączek nylonowy 0,45 μm i oznaczono zawartość kationów metodą chromatografii jonowej. Na tej podstawie wyznaczono CEC dla czterech rodzajów bentonitów. Najwyższą zdolność kationowymienną wykazywał Tixobent, a najniższą Bentonit GM (ryc. 1).

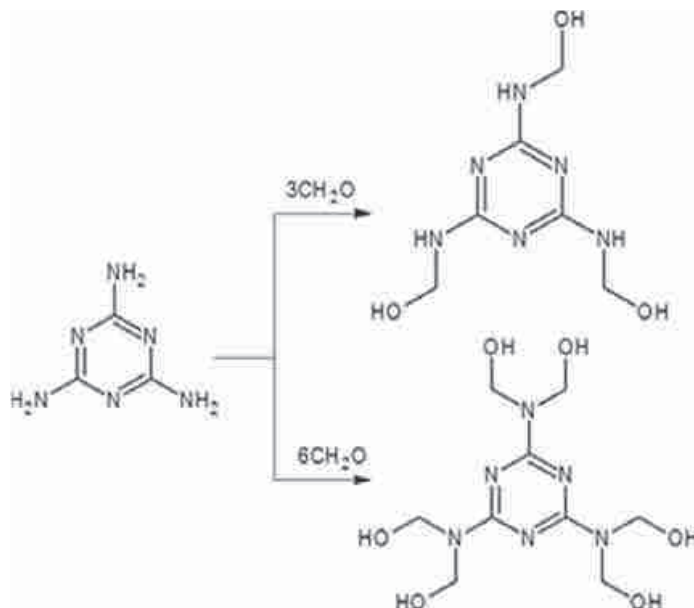


Ź r ó d ł o: Ryc. 1–5 opracowanie własne.

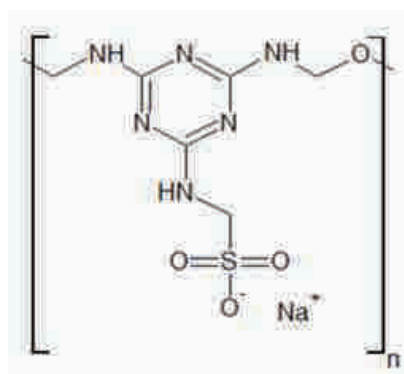
Ryc. 1. Szereg bentonitów wg rosnącej zdolności kationowymiennej

4. Modyfikacja sulfonowanego polimeru melamino-formaldehydowego montmorillonitami

Sulfonowany polimer melamino-formaldehydowy (SMF) jest znany jako superplastyfikator stosowany do zapraw cementowych [15]. Jest związkiem o właściwościach hydrofilowych, co czyni go kompatybilnym z MMT. Celem otrzymania nowej domieszki o odmiennych właściwościach utworzono kompozyty SMF-MMT. Proces ich otrzymywania przeprowadzono dwiema metodami: rozpuszczalnikową oraz wprowadzenia MMT w trakcie syntezy SMF. Pierwszym etapem było przygotowanie bentonitów poprzez 24-godzinne mieszanie w dejonizowanej wodzie, w takim stosunku masowym, aby końcowy produkt zawierał 1,75% MMT. Metoda pierwsza otrzymywania kompozytu polegała na wprowadzeniu napeżnionego MMT do 30% wodnego roztworu SMF poprzez 30-minutowe mieszanie w automatycznym homogenizatorze z prędkością 7000 obrotów na minutę. Drugi sposób polegał na wymieszaniu wodnego roztworu MMT z mieszaniną reakcyjną monomeru. Montmorillonit wprowadzono do alkalicznego roztworu melaminy, mieszano w reaktorze przez około 1 godzinę, a następnie dodano stężony formaldehyd i prowadzono syntezę monomeru (wg procedury Silekol Sp. z o.o. w Kędzierzynie-Koźlu). Reakcja melaminy z aldehydem mrówkowym w pierwszym etapie prowadzi do powstania hydroksymetylo pochodnych (ryc. 2). Po osiągnięciu stanu równowagi reakcji syntezy melamino-formaldehydu rozpoczęto reakcję polikondensacji poprzez zmianę środowiska reakcji z alkalicznego na kwaśne. Otrzymane produkty pozostawiono w formie roztworów i użyto jako domieszki do zapraw cementowych.



Ryc. 2. Pierwszy etap syntezy żywicy melamino-formaldehydowej



Ryc. 3. Melamino-formaldehydowy sulfonian sodu

5. Wpływ domieszek SMF-MMT na właściwości reologiczne zapraw cementowych

Na właściwości kompozytów cementowych wpływ ma wiele czynników zarówno wewnętrznych, związanych z jakością składników i recepturą wytwarzanej mieszanki, jak i zewnętrznych, do których można zaliczyć między innymi sposób mieszania składników oraz metodę formowania i pielęgnowania zaprawy cementowej [16]. Do badań stosowano cement portlandzki CEM I 42,5R, normowy piasek kwarcowy, wodę wodociągową oraz otrzymane domieszki SMF-MMT. Porównano osiem próbek zapraw cementowych z wskaźnikiem $W/C = 0,4$, w tym siedem z 2% dodatkiem zmodyfikowanego polimeru (tab. 3), oraz normową próbkę odniesienia. Wszystkie próbki badano pod kątem następujących parametrów: konsystencja – metodą stolika rozplýwu (PN-EN 1015-

-3:2000+A1:2005), zawartość powietrza w świeżej zaprawie – metodą ciśnieniową (PN-EN 1015-7:2000), wytrzymałość po 7 dniach i po 28 dniach na zginanie i ściskanie stwardniałej zaprawy (PN-EN 196-1:2006) (tab. 4). Do badań wykonano beleczki (40 x 40 x 160 mm) poprzez wymieszanie składników w mieszarce laboratoryjnej, a następnie zaformowanie zgodnie z PN-EN 196-1:2006.

Tabela 3

Charakterystyka MMT i otrzymanych domieszek

Skrót	Nazwa bentonitu	Rodzaj kationów	Suma SiO ₂ i Al ₂ O ₃ [%]	Stosunek SiO ₂ :Al ₂ O ₃	Symbol domieszki	Metoda otrzymania
HT	Bentonit HT	Na	71	2,9:1	HT + SMF	metoda rozpuszczalnikowa
					HT - SMF	metoda interkalacji na etapie syntezy SMF
S130	Boregel S130	K, Ca	70	3,5:1	S130 + SMF	metoda rozpuszczalnikowa
					S130 -SMF	metoda interkalacji na etapie syntezy SMF
GM	Bentonit GM	Na, K	74	3,9:1	GM + SMF	metoda rozpuszczalnikowa
					GM - SMF	metoda interkalacji na etapie syntezy SMF
TIX	Tixobent	Na, K, Ca	73	3,7:1	TIX - SMF	metoda interkalacji na etapie syntezy SMF

Tabela 4

Skład próbek zapraw cementowych

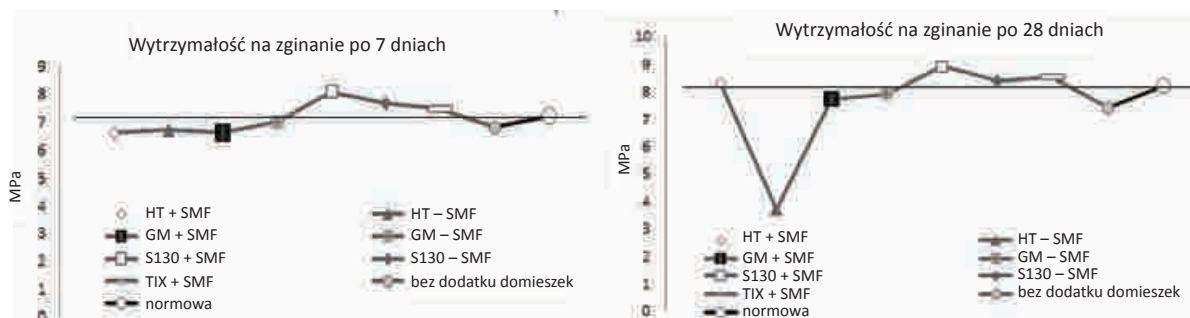
Zaprawa cementowa z użyciem	Stosunek masowy poszczególnych składników				
	cement	piasek	woda	domieszka otrzymana metodą rozpuszczalnikową	domieszka otrzymana metodą interkalacji w procesie tworzenia polimeru
HT + SMF	50	150	20	1	0
HT - SMF	50	150	20	0	1
GM + SMF	50	150	20	1	0
GM - SMF	50	150	20	0	1
S130 + SMF	50	150	20	1	0
S130 - SMF	50	150	20	0	1
TIX + SMF	50	150	20	1	0
Bez domieszki	50	150	20	0	0
Normowa	50	150	25	0	0

Tabela 5

Właściwości zapraw cementowych

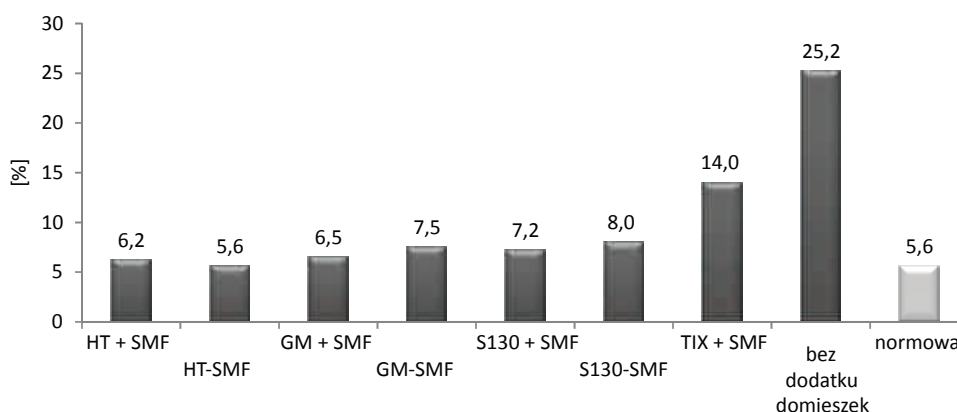
Zaprawa cementowa z użyciem	Konsystencja metodą stolika rozplywu [mm]	Zawartość powietrza w świeżej zaprawie metodą ciśnieniową [%]	Wytrzymałość po 7 dniach		Wytrzymałość po 28 dniach	
			na zginanie [MPa]	na ściskanie [MPa]	na zginanie [MPa]	na ściskanie [MPa]
HT + SMF	131	6,2	6,6	54,1	8,3	62,4
HT - SMF	134	5,6	6,7	52,9	3,7	60,9
GM + SMF	124	6,5	6,6	52,6	7,7	59,5
GM - SMF	128	7,5	7,0	49,6	7,9	60,3
S130 + SMF	134	7,2	8,1	55,8	8,9	62,9
S130 - SMF	133	8,0	7,7	51,4	8,4	60,2
TIX + SMF	128	14,0	7,5	55,3	8,5	62,9
Bez domieszki	109	25,2	6,8	45,6	7,4	50,3
Normowa	176	5,6	7,2	46,4	8,2	53,6

Obniżenie wartości wskaźnika wodno-cementowego (W/C) w zaczynie cementowym wpływa na zwiększenie wytrzymałości, mrozoodporności, odporności korozyjnej oraz obniżenie porowatości i nasiąkliwości. Zbyt niski wskaźnik W/C powoduje drastyczne pogorszenie właściwości reologicznych. Obniżenie zawartości wody w mieszance zarobowej zwiększa powierzchnię kontaktową między ziarnami składników, powodując szybki przyrost wytrzymałości w czasie. W eksperymencie badania wytrzymałościowe prowadzono na stwardniałej zaprawie cementowej po 7-dniowej i 28-dniowej pielęgnacji. Uzyskane dane (tab. 5) dowodzą, że użycie dodatku S130 + SMF, TIX + SMF i HT + SMF do zaczynu cementowego powoduje szybszy wzrost wytrzymałości na ściskanie w początkowych fazach dojrzwania cementu. Amplituda otrzymanych wartości względem cementu normowego z czasem maleje, jednak domieszki SMF-MMT wpływają na wzrost wytrzymałości. Wyraźnie widać, że użycie kompozytów otrzymanych metodą rozpuszczalnikową daje lepsze rezultaty niż użycie kompozytów otrzymanych poprzez wprowadzenie MMT na etapie syntezy SMF. Badania określające wytrzymałość na zginanie wskazują, że SMF-MMT w niewielkim stopniu wpływają na jej wartość z wyjątkiem S130 + SMF, który powoduje jej wzrost. W przypadku użycia HT-SMF wytrzymałość na zginanie po 7 dniach jest zbliżona do wartości próbki kontrolnej, po czym drastycznie spada (po 28 dniach), obniżając wynik o 55% (ryc. 4).



Ryc. 4. Wytrzymałość na ściskanie i zginanie po 7 i 28 dniach

Przeprowadzono również badania określające wpływ SMF-MMT na zawartość powietrza w świeżej zaprawie cementowej w celu określenia właściwości napowietrzających otrzymanych kompozytów. Domieszki o właściwościach silnie napowietrzających stosowane są jako domieszki spieniające, by uplastyczyć mieszanekę betonową, opóźniając jej wiązanie i powodując spęcznienie. Używa się je do wykonania elementów z betonów komórkowych i wypełniania szczelin w betonie.



Ryc. 5. Wpływ dodatku domieszek SMF-MMT na zawartość powietrza w zaprawie cementowej W/C = 0,4

Domieszki napowietrzające wykorzystuje się również do uzyskania mrozoodporności zapraw cementowych. Duże ilości drobnych, równomiernie rozmieszczonych pęcherzyków w stwardniałej zaprawie powodują przerwanie ciągłości kapilar. Zamarzająca woda, zwiększając swą objętość, wypełnia puste pęcherzyki, zapobiegając rozsadzaniu [17]. Odporność na zamarzanie i rozmrażanie jest wyłącznie zachowana w przypadku struktur charakteryzujących się obecnością dużej liczby drobnych pęcherzyków. Maksymalna wartość powietrza w zaczynie cementowym nie powinna przekraczać 25%, a w związanej zaprawie betonowej 8% [20]. Odpowiednie dla domieszek przeciwmrozowych właściwości napowietrzające uzyskano w próbkach zapraw cementowych z dodatkiem TIX-SMF (14%). Próbki te dodatkowo przebadano na mrozoodporność w 150 cyklach, uzyskując 15% wskaźnik mrozoodporności.

6. Podsumowanie

Domieszki otrzymane poprzez modyfikację sulfonowanego polimeru melamino-formaldehydowego montmorillonitem powodują zmianę właściwości reologicznych zapraw cementowych. Bez względu na przeznaczenie zaczynu cementowego wyraźnie widać, że najlepsze rezultaty uzyskuje się przy zastosowaniu jako modyfikatora montmorillonitu o stosunku masowym tlenku krzemu do tlenku glinu ($\text{SiO}_2:\text{Al}_2\text{O}_3$) 3,5:1 i dodatkowo zawierającego kationy wapniowe w przestrzeniach międzywarstwowych. Znaczenie ma również metoda otrzymywania kompozytu; w przypadku SMF-MMT korzystniejsze właściwości otrzymuje się stosując metodę rozpuszczalnikową*.

Literatura

- [1] E z e r s k i y V., L e l u s z M., *Wpływ domieszek przeciwmrozowych i klasy cementu na wytrzymałość zapraw cementowych*, „Budownictwo i Inżynieria Środowiska” 2010, nr 2, s. 111–116.
- [2] Ł u k o w s k i P., *Nowe osiągnięcia w dziedzinie domieszek do betonu*, „Budownictwo, Technologie, Architektura” 2011, nr 1, s. 68–71.
- [3] B u n d y r a - O r a c z G., *Różnice między PN-88/b-06250 beton zwykły i PN-EN 206-1:2003 beton*. Część 1: *Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność*, „Prace Instytutu Techniki Budowlanej” 2008, nr 2, s. 3–26.
- [4] L i T., Z h a n g J., X i e X., Y i n X., A n X., *Montmorillonite-supported Ni nanoparticles for efficient hydrogen production from ethanol steam reforming*, „Fuel” 2015, Vol. 143, s. 55–62.
- [5] B r i e s e n i c k D., B r e m s e r W., *Synthesis of polyamide-imide-montmorillonite-nanocomposites via new approach of in situ polymerization and solvent casting*, „Progress in Organic Coatings” 2015, Vol. 82, s. 26–32.
- [6] G o n ç a l v e s d o s S a n t o s V.C., G r a s s i M.T., A b a t e G., *Sorption of Hg(II) by modified K10 montmorillonite: Influence of pH, ionic strength and the treatment with different cations*, „Geoderma” 2015, Vol. 237/238, s. 129–136.
- [7] B l o c k K.A., T r u s i a k A., K a t z A., A l i m o v a A., W e i H., G o t t l i e b P., S t e i n e r J.C., *Exfoliation and intercalation of montmorillonite by small peptides*, „Applied Clay Science” 2015, Vol. 107, s. 173–181.
- [8] L i u R., P e n g Y., C a o J., *A comparison of various ionic surfactant modifiers used in in situ synthesis of organo-montmorillonite inside wood flour*, „Industrial Crops and Products” 2014, Vol. 62, s. 387–394.
- [9] R a y S.S., O k a m o t o M., *Polymer/layered silicate nanocomposites: a review from preparation to processing*, „Progress in Polymer Science” 2003, Vol. 28, s. 1539–1641.
- [10] S t o d o l a k E., Z y c h Ł., Ł a c z A., K l u c z e w s k i W., *Modyfikowany montmorillonit (MMT) jako nanowypełniacz w nanokompozytach polimerowo-ceramicznych*, „Kompozyty” 2009, nr 2, s. 122–127.

* Praca została sfinansowana ze środków na działalność statutową Instytutu Ceramiki i Materiałów Budowlanych.

- [11] Huskić M., Žigon M., Ivanković M., *Comparison of the properties of clay polymer nanocomposites prepared by montmorillonite modified by silane and by quaternary ammonium salts*, „Applied Clay Science” 2013, Vol. 85, s. 109–115.
- [12] Dohrmann R., *Cation exchange capacity methodology, I: An efficient model for the detection of incorrect cation exchange capacity and exchangeable cation results*, „Applied Clay Science” 2006, Vol. 34, s. 31–37.
- [13] Derkowski A., Bristow T.F., *On the problems of total specific surface area and cation exchange capacity measurements in organic-rich sedimentary rocks*, „Clays and Clay Minerals” 2012, Vol. 60, No. 4, s. 348–362.
- [14] Srodon J., *Quantification of illite and smectite and their layer charges in sandstones and shales from shallow burial depth*, „Clay Minerals” 2009, Vol. 44, s. 421–434.
- [15] Kłapyta Z., *Bentonity i ility montmorillonitowe Polski*, Wydawnictwo Geologiczne, Warszawa 1975.
- [16] Hoessle F., von Plank J., Leroux F., *Intercalation of sulfonated melamine formaldehyde polycondensates into a hydrocalumite LDH structure*, „Journal of Physics and Chemistry of Solids” 2015, Vol. 80, s. 112–117.
- [17] Łukowski P., *Domieszki do betonu*, „Inżynieria Budownictwa” 2007, nr 2, s. 64–66.
- [18] Halbiniak J., Langier B., *Określenie racjonalnej granicy zmian składu betonów mrozoodpornych*, „Budownictwo o Zoptymalizowanym Potencjale Energetycznym” 2012, nr 2, s. 26–33.
- [19] Chatterji S., *Freezing of air-entrained cement-based materials and specific actions of air-entraining agents*, „Cement and Concrete Composites” 2003, Vol. 25, s. 759–765.
- [20] Gołaszewski J., Drewniok M., *Wpływ popiołu lotnego wapiennego na efekty działania domieszek napowietrzających*, „Budownictwo i Inżynieria Środowiska” 2011, nr 3, s. 267–274.

EWELINA KIREJCZYK

MODIFICATION OF SULFONATED MELAMINE-FORMALDEHYDE
POLYCONDENSATE BY MONTMORILLONITE. IMPACT
OF MONTMORILLONITE ON CEMENT MORTAR PROPERTIES

Keywords: sulfonated melamine-formaldehyde condensates, montmorillonite, admixture, polymer-aluminosilicate composites, bentonite.

The article presents the criteria of montmorillonites properties assessing and the possibility of their use as modifying agents of cement mortars. The mechanism of sulfonated melamine-formaldehyde polymer modification by using commercially available bentonites was studied. The impact of the composites on the properties of cement mortars was investigated. The way of composite preparation methods and the effect of bentonite type on admixture characteristics was found.