

ODPORNOŚĆ ZAPRAW Z UDZIAŁEM POPIOŁÓW LOTNYCH Z KOTŁÓW FLUIDALNYCH I KONWENCJONALNYCH NA KORÓZJĘ KWASOWĄ

Elżbieta JANOWSKA-RENKAS, Jolanta KOWALSKA,
Agnieszka KALICIAK, Grzegorz JANUS
Wydział Budownictwa i Architektury, Politechnika Opolska, Opole, Polska

Słowa kluczowe: *popioły lotne ze spalania w kotłach fluidalnych, popioły lotne z kotłów konwencjonalnych, korozja kwasowa, trwałość zapraw.*

1. Wprowadzenie

Stale rosnąca ilość odpadów przemysłu energetycznego, opartego głównie na węglu kamiennym i brunatnym, związana jest z powstaniem dużej ilości palenisk fluidalnych, których uruchomienie wynikało z konieczności ograniczenia emisji SO_2 i tlenków azotu NO_x do atmosfery [1-4]. Jednym z odpadów spalania paliw w kotłach fluidalnych są popioły lotne, które w zależności od sorbentów użytych w palenisku posiadają zróżnicowane właściwości, wynikające z ich zmiennego składu. Poprzez obniżenie w kotłach fluidalnych temperatury spalania do ok. 850°C uzyskano popioły lotne o odmiennym składzie i właściwościach niż popioły wytwarzane metodą konwencjonalną. Ze względu na brak w złożu fazy ciekłej, mulitu oraz zeszkłonych kulistych form ziaren popioły lotne z kotłów fluidalnych różnią się od popiołów z konwencjonalnych kotłów pyłowych m.in.: strukturą (nieregularnym kształtem), składem fazowym, dużym stopniem rozdrobnienia, tj. większą powierzchnią właściwą czy wodoządnocią [2,4-7]. W składzie chemicznym popiołów z kotłów fluidalnych znajdują się m.in. tlenki: krzemu, glinu, żelaza, wapnia, magnezu, sodu, potasu, tytanu czy manganu. Podstawowe fazy popiołów lotnych to zdehydratyzowane minerały tworzące pierwotną skałę płoną, nieprzereagowany sorbent (CaCO_3), wolne CaO . Zawarty w popiołach z kotłów fluidalnych CaSO_4 sprawia, że popioły te mogą być stosowane bezpośrednio do klinkieru, bez dodatkowego udziału regulatora czasu wiązania cementu [6]. Popioły z kotłów fluidalnych oprócz właściwości pucolanowych wykazują także właściwości hydrauliczne [6-9].

Ze względu na wyżej wymienione właściwości fizyczne i chemiczne popioły lotne z kotłów fluidalnych stanowią interesujący materiał do zastosowania w produkcji zapraw i betonów. Jednak obowiązujące obecnie normy nie dopuszczają ich stosowania do cementu z uwagi na zawarte w tych popiołach duże straty prażenia oraz niepokojąco dużą zawartość siarczanu wapnia, który może być przyczyną tworzenia się opóźnionego ettringitu, a tym samym destrukcji matrycy cementowej zapraw i betonów [1,6].

Negatywny wpływ na trwałość zapraw może mieć skurcz, związany ze zmianą ich objętości. Obecność skurczu może wynikać m.in. z dużej ilości zaczynu cementowego, wysokiego wskaźnika w/c, dużej zawartości C_3A czy składu zapraw. Niekontrolowany

skurcz wpływa na zmniejszenie szczelności zapraw, co może prowadzić do łatwiejszego dostępu wody i substancji agresywnych do wnętrza zapraw i, w konsekwencji, może być przyczyną przyspieszonej ich destrukcji [9-11].

Uzyskanie tworzyw na bazie cementu o małej przepuszczalności, szczególnie w obrębie strefy kontaktowej zaczyn-kruszywo, w której występuje podwyższona zawartość wodorotlenku wapnia Ca(OH)_2 , decyduje o ich zwiększonej odporności na działanie jonów agresywnych. Trwałości produktów hydratacji, w tym fazy C-S-H, szczególnie zagraża korozja kwasowa [1,3,4,6,11]. Ponadto w wyniku procesu odwapnienia na powierzchni stwardniałej zaprawy tworzy się substancja o konsystencji żelowej [10,11].

Zaprawy to tworzywa wysokoalkaliczne o pH sięgającym 12-13, które ze względu na podwyższoną reaktywność łatwo wchodzi w reakcję z substancjami o odczynie kwaśnym. Wszystkie roztwory o $\text{pH} < 6$ są w stosunku do zapraw uważane za agresywne i niebezpieczne. Głównym źródłem agresywnych mediów mogą być m.in.: kwaśne wody gruntowe (H_2SO_4), torfowiska (agresywne CO_2 i kwas humusowy), ścieki komunalne (biogenne H_2SO_4), kwaśne deszcze (H_2SO_4 i HNO_3), gazy znajdujące się w powietrzu, tj.: CO_2 , SO_3 i NO_x oraz ścieki z produkcji rolniczej zawierające kwasy organiczne [12].

W pracy podjęto badania, których celem było określenie trwałości zapraw cementowych z udziałem popiołów lotnych z kotłów fluidalnych oraz konwencjonalnych stosowanych oddzielnie oraz w postaci mieszaniny, poddanych działaniu wody destylowanej oraz kwaśnego środowiska: 1%, 3% i 5% roztworu kwasu solnego.

2. Materiały do badań

Do wykonania zapraw stosowano cement portlandzki CEM I 42,5 R bez i z udziałem popiołów lotnych: ze spalania w kotłach fluidalnych i konwencjonalnych. Skład chemiczny oraz powierzchnię właściwą wg Blaine'a cementu oraz popiołów lotnych podano w tablicy 1.

Tablica 1. Skład chemiczny cementu CEM I, popiołów lotnych z fluidalnego spalania oraz popiołów lotnych z kotłów konwencjonalnych

Składnik	Cement CEM I 42,5 R	Popioły lotne P _f	Popioły lotne P ₁
Straty prażenia	2,57	4,30	1,81
Części nierozpuszczalne	0,46	-	-
SiO ₂	19,79	39,26	40,20
Fe ₂ O ₃	2,98	3,79	2,00
Al ₂ O ₃	5,76	29,37	6,00
CaO	62,28	12,04	43,20
MgO	1,71	1,79	4,70
SO ₃	2,62	3,13	0,10
K ₂ O	-	1,01	-
Na ₂ O	0,75	1,49	-
Powierzchnia właściwa wg Blaine'a [cm ² /g]	4000	8300	3800

Skład zapraw na bazie cementu portlandzkiego CEM I 42,5 R, bez i z udziałem popiołów lotnych z kotłów fluidalnych i konwencjonalnych, podano w tablicy 2. W pracy przyjęto następujące oznaczenia: C – cement CEM I 42,5 R, P_f – popioły lotne ze spalania w kotłach fluidalnych, P₁ – popioły lotne z kotłów konwencjonalnych.

Tablica 2. Skład badanych zapraw

Rodzaj zaprawy	CEM I 42,5 R [g]	Popioły P _f [g]	Popioły P ₁ [g]	Woda [g]
ZI (100% CEM I 42,5 R)	450	-	-	216
ZII (CEM I + 30% P _f)	346	104	-	255
ZIII (CEM I + 45% P _f)	310	140	-	276
ZIV (CEM I + 25% P _f + 20% P ₁)	310	77,8	62,2	247

Odporność korozyjną zapraw, bez i z udziałem popiołów lotnych z kotłów fluidalnych i konwencjonalnych (stosowanych oddzielnie oraz w postaci mieszaniny – tablica 2), określono po czasie 28 dni ich dojrzewania w wodzie. Następnie zaprawy poddano działaniu czterech różnych środowisk: kontrolnego (H₂O_{destylowana}) oraz agresywnych: 1%, 3% i 5% roztworów kwasu solnego (wymienianych, co miesiąc) przez okres 365 dni.

3. Metody badań

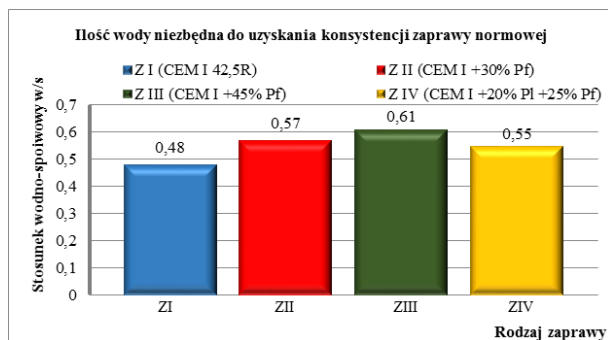
Zaprawy bez i z udziałem popiołów lotnych z kotłów fluidalnych i konwencjonalnych wykonano zachowując ich stałą konsystencję wyznaczoną opadem stożka Nowikowa ($5 \pm 0,5$ cm). Do badań stosowano próbki zapraw o rozmiarze 40 mm x 40 mm x 160 mm. W celu określenia aktywności puculanowej popiołów lotnych metodą Fratiniego wykonano zaprawy z cementu CEM I z udziałem popiołów lotnych z kotłów fluidalnych i konwencjonalnych stosowanych oddzielnie oraz w postaci mieszaniny. Trwałość zapraw określono poddając je w całości działaniu różnych środowisk, tj. kontrolnego (H₂O) i agresywnych roztworów HCl przez okres 52 tygodni. Zmiany liniowe określono w aparacie Graff-Kauffmana wg. PN-B-19707:2013. Wartości ekspansji (X_t) wyrażono, jako różnicę średniej arytmetycznej zmian długości beleczek przechowywanych w środowisku korozyjnym i kontrolnym (w wodzie destylowanej) dla danego okresu ekspozycji (t), w %. Ponadto wykonano badania zmian masy ww. zapraw (ubytku lub ich przyrostu), zależne od środowiska działającego na zaprawy wraz z obserwacją wizualną próbek.

4. Wyniki badań i ich interpretacja

Analiza wyników badań konsystencji (rys. 1) wykazała, że dodatek popiołów lotnych z kotłów fluidalnych P_f i konwencjonalnych P₁ do cementu wpływa na jego wodożądność, która zależy od rodzaju i ilości stosowanych popiołów. I tak, w celu uzyskania konsystencji zaprawy normowej (opad stożka Nowikowa równy $5 \pm 0,5$ cm), zaprawa ZIII z cementu zawierającego 45% mas. popiołów lotnych z kotłów fluidalnych wymagała największej ilości wody ($w/c=0,61$). Zmniejszenie ilości popiołów z kotłów fluidalnych w cemencie z 40% do 30% mas. spowodowało mniejsze zapotrzebowania na wodę w przypadku zaprawy ZII ($w/c=0,57$). Z kolei zastąpienie 20% mas. popiołów lotnych z kotłów fluidalnych popiołami lotnymi z kotłów konwencjonalnych pozwoliło na największą redukcję ilości wody w przypadku zaprawy ZIV zawierającej mieszaninę 25% mas. popiołów P_f i 20% mas. popiołów P₁, ($w/c = 0,55$).

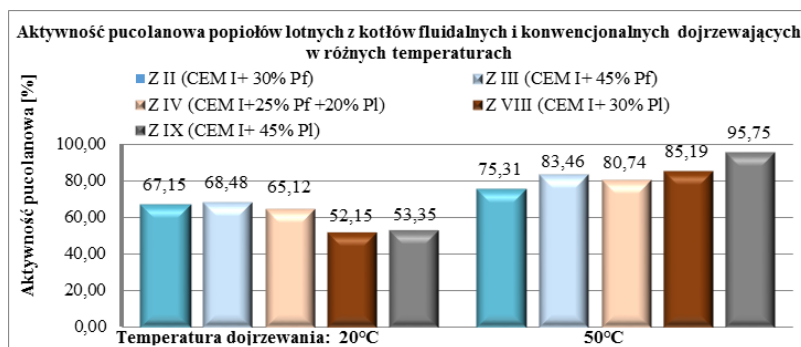
W pracy wykazano, że aktywność puculanowa popiołów lotnych z kotłów fluidalnych i konwencjonalnych określona metodą Fratiniego, jest zależna od temperatury środowiska (rys. 2). Popioły lotne poddane działaniu wody o temperaturze 20°C charakteryzowały się mniejszą aktywnością puculanową w porównaniu do ich aktywności określonej w temperaturze 50°C, przy czym wzrost temperatury środowiska z 20°C do 50°C powoduje

znaczne (o ok. 80%) zwiększenie aktywności pucolanowej popiołów z kotłów konwencjonalnych w przypadku zapraw ZVII i ZIX z cementu zawierającego odpowiednio 30 i 45% mas. tych popiołów.



Rys. 1. Ilość wody niezbędna do uzyskania konsystencji zaprawy normowej dla zapraw z cementu CEM I 42,5 R bez i z dodatkiem popiołów lotnych

Fig. 1. The amount of water required to obtain consistency of mortar for cement CEM I 42.5 R without and with the addition fly ashes



Rys. 2. Aktywność pucolanowa popiołów lotnych z kotłów fluidalnych i konwencjonalnych określona metodą Fratinięgo

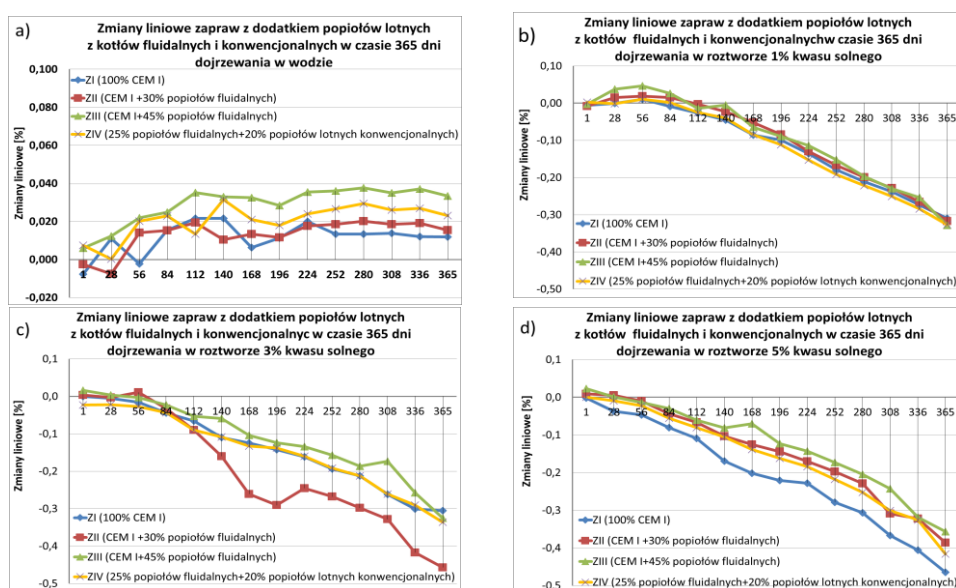
Fig. 2. Activity of fluidized beds boiler fly ashes and conventional fly ashes determined by Fratini's method

Z kolei w niższej temperaturze środowiska (20°C) aktywność pucolanowa popiołów z kotłów fluidalnych (ZII, ZIII) była blisko 30% większa od aktywności popiołów z kotłów konwencjonalnych (ZVII, ZIX). Popioły lotne stosowane w postaci mieszaniny złożonej z 25% mas. popiołów lotnych z kotłów fluidalnych P_F i 20% mas. popiołów lotnych z kotłów konwencjonalnych P_I (ZIV) w warunkach laboratoryjnych dojrzewania zapraw (20°C) charakteryzowały się również o ok. 30% większą aktywnością pucolanową, w porównaniu do popiołów z kotłów konwencjonalnych (ZVII, ZIX). Natomiast w warunkach podwyższonej temperatury dojrzewania (50°C) obserwowano zależności odwrotne ze zwiększeniem aktywności pucolanowej o ok. 20% na korzyść tych drugich.

Przedstawione wyniki wskazują na różny przebieg reakcji zachodzących podczas hydratacji cementu z popiołami z kotłów fluidalnych i konwencjonalnych zależny od temperatury środowiska. Podczas wiązania spoiwa w obniżonej temperaturze (20°C)

dominujący wydaje się być charakter hydrauliczny popiołów z kotłów fluidalnych. Natomiast zwiększenie temperatury środowiska do 50°C prowadzi do zwiększenia szybkości zachodzących procesów hydratacji cementu z udziałem popiołów, co w tych warunkach wskazywałoby na przeważający pucolanowy charakter działania popiołów z kotłów konwencjonalnych.

Uzyskane wyniki zmian liniowych badanych zapraw (rys. 3a-d), wskazują na destrukcyjne działanie środowiska korozji kwasowej na trwałość tych zapraw.



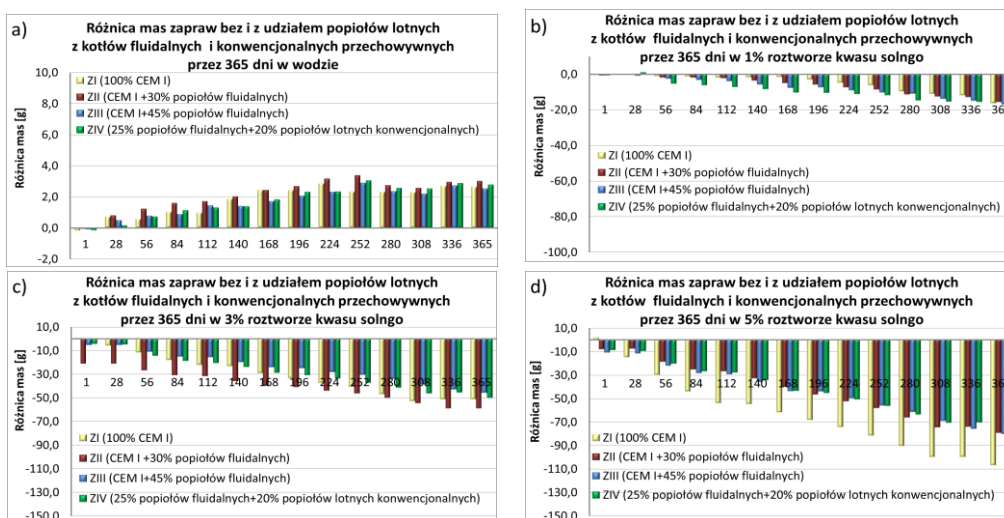
Rys. 3. Zmiany liniowe zapraw z cementu CEM I 42,5R bez i z udziałem popiołów lotnych z kotłów fluidalnych P_f i konwencjonalnych P_l w środowisku: a) H_2O , b) 1% roztworu HCl, c) 3% roztworu HCl, d) 5% roztworu HCl

Fig. 3. Linear changes of cement-mortar with cement CEM I 42,5R with and without fluidized beds boiler fly ashes P_f and conventional fly ashes P_l in the environment: a) H_2O , b) 1% HCl, c) 3% HCl, d) 5% HCl

Obserwacja zmian liniowych zapraw przechowywanych w roztworach: 1%, 3% i 5% kwasu HCl wykazała zmniejszenie ich wymiarów liniowych rosnące wraz z agresywnością środowiska. W 1% roztworze HCl zmiany liniowe zapraw były na porównywalnym poziomie (rys. 3b). Zwiększenie stężenia roztworu HCl do 3% (rys. 3c) uwidocznilo wyraźne różnice w zmianach liniowych zapraw, gdzie największym ich zmniejszeniem charakteryzowała się zaprawa ZII zawierająca 30% mas. popiołów lotnych P_f , a najmniejszym zaprawa ZIII z zawartością 45% mas. tych popiołów (P_f) oraz zaprawa ZIV zawierająca mieszaninę 45% mas. popiołów lotnych (25% mas. P_f i 20% mas. P_l). Najbardziej agresywne środowisko 5% roztworu HCl wywołało największe zmniejszenie wymiarów liniowych w przypadku zaprawy referencyjnej z samego cementu CEM I 42,5 R. W tych warunkach zmiany liniowe były najmniejsze w przypadku zaprawy ZIII z 45% mas. zawartością popiołów lotnych z kotłów fluidalnych (rys. 3d). Na uwagę zasługuje fakt, że w środowisku kontrolnym (H_2O) charakterystyczne było typowe zjawisko wydłużenia się próbek z zapraw (rys. 3a), natomiast w środowisku korozyjnym

obserwowano zmniejszenie wymiarów liniowych zapraw w zróżnicowanym zakresie, zależnym od ich składu (rys. 3b-c).

Powyższą zależność potwierdziły wyniki badań zmian masy badanych zapraw (rys. 4a-d), które w środowisku wodnym charakteryzowały się przyrostem masy, natomiast w środowisku agresywnym jej ubytkiem, rosnącym wraz ze zwiększeniem agresywności środowiska. W środowisku 3% roztworu HCl największym ubytkiem masy charakteryzowała się zaprawa ZII z 30% mas. zawartością popiołów z kotłów fluidalnych (rys. 4c), a w 5% roztworze HCl zaprawa kontrolna z cementu CEM I (rys. 4d). Natomiast zaprawa ZIII z 45% mas. zawartością popiołów lotnych z kotłów fluidalnych zasadniczo wykazała najmniejszy ubytek masy, niezależnie od agresywności środowiska kwasowego (1%, 3% i 5% HCl, rys. 4b-d). Z kolei zaprawa ZIV, zawierająca mieszaninę 25% mas. popiołów lotnych z kotłów fluidalnych i 20% mas. popiołów z kotłów konwencjonalnych w roztworze 5% HCl, w końcowym okresie badawczym (po 336 dniach badania) wykazała nieco mniejszy ubytek masy w porównaniu z zaprawą ZII (rys. 4d).



Rys. 4. Wyniki badań przyrostu i ubytku masy badanych zapraw przechowywanych w środowisku: a) H₂O, b) 1% roztworu HCl c), 3% roztworu HCl, d) 5% roztworu HCl

Fig. 4. Results of research of growth and loss of mass for tested mortars stored in the environment: a) H₂O, b) 1% HCl solution (c), 3% solution of HCl, d) 5% HCl solution

Tablica 3. Wymiary przekrojów zapraw z cementu bez i z udziałem popiołów lotnych P_f i P_l przechowywanych w środowisku 3% i 5% roztworu HCl przez okres 365 dni

Środowisko	Rodzaj zaprawy	Wymiary przekroju [cm]
Roztwór 3% HCl	ZI 100% C (CEM I 42,5R)	Przekrój prostokątny 3,26x3,26
	ZII (C + 30% P _f)	Przekrój prostokątny 2,95x2,95
	ZIII (C + 45% P _f)	Przekrój prostokątny 3,06x3,06
	ZIV (C + 25% P _f + 20% P _l)	Przekrój prostokątny 2,90x2,84
Roztwór 5% HCl	ZI 100% C (CEM I 42,5R)	Przekrój okrągły Ø 1,54
	ZII (C + 30% P _f)	Przekrój okrągły Ø 1,58
	ZIII (C + 45% P _f)	Przekrój okrągły Ø 1,61
	ZIV (C + 25% P _f + 20% P _l)	Przekrój okrągły Ø 1,60

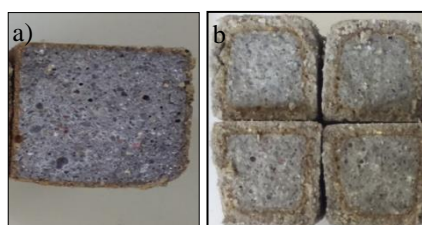
Wpływ postępującej korozji kwasowej badanych zapraw w środowisku 3% i 5% roztworu HCl potwierdzają także wymiary ich przekrojów (tablica 3).

Uzyskany największy wymiar przekroju zaprawy ZIII potwierdził, że zaprawa z cementu CEM I 42,5R z 45% mas. zawartością popiołów lotnych z kotłów fluidalnych charakteryzowała się największą odpornością na środowisko agresywne, zarówno w 3% jak i w 5% roztworze HCl. Natomiast zawartość 30% mas. popiołów z kotłów fluidalnych w zaprawie ZII niesie większe ryzyko destrukcyjne i mniejszą trwałość tej zaprawy na korozję kwasową (3% i 5% HCl), na co wskazuje mniejszy przekrój rdzenia zaprawy „niedotkniętej” korozją. W środowisku 5% roztworu HCl, jak należało się spodziewać, rozmiar przekroju rdzenia dla zaprawy kontrolnej z czystego cementu CEM I 42,5R (bez udziału popiołów lotnych) był najmniejszy, co jest zgodne z wcześniejszymi wynikami najmniejszych zmian liniowych i największego ubytku masy dla tej zaprawy (ZI).



Rys. 5. Substancja żelowa wytworzona na powierzchni zaprawy w środowisku korozyjnym roztworu HCl

Fig. 5. Gel substance produced on the surface of the mortar in the corrosive environment HCl solution



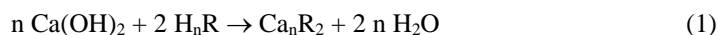
Rys. 6. Struktura wewnętrzna zaprawy ZIV poddanej działaniu:

a) 1% i b) 3% roztworu HCl

Fig. 6. Internal structure of mortar ZIV treated by: a) 1% and b) 3% HCl solution

Na badanych próbkach poddanych działaniu środowiska korozyjnego zidentyfikowano substancję o konsystencji żelowej (rys. 5), która za [10,11] jest najprawdopodobniej produktem ubocznym odwapnienia fazy C-S-H w postaci żelu kwasu krzemowego, który wytwarza się z C-S-H, gdy wartość pH spada poniżej 10.

Destrukcyjne działanie środowiska korozji kwasowej na trwałość zapraw cementowych jest znane z literatury i polega na reakcji kwasu ze składnikami kamienia cementowego, w wyniku której następuje rozpuszczenie wodorotlenku wapnia wg reakcji (1) i tworzenie się łatwo rozpuszczalnych soli wapnia, których wypłukanie osłabia mikrostrukturę zaprawy.



W konsekwencji, w dużym uogólnieniu, prowadzi to do dekalcyfikacji zaczynu, która związana jest ze zmniejszeniem ilości portlandytu i odwapnieniem fazy C-S-H. Następnie, zubożona w jony Ca^{2+} , faza C-S-H reaguje z kwasem wg reakcji (2), w wyniku czego powstaje amorficzny żel krzemionkowy, który jest pozbawiony właściwości wiążących i wytrzymałościowych.



Rozpuszczaniu ulegają również ettringit i monosiarczanogliniany. Powyższe prowadzi do obniżenia trwałości zaprawy [9-11]. Ponadto wpływ kwaśnego środowiska był także widoczny na zmniejszenie przyczepności ziaren kruszywa do zaczynu, spowodowanej wypłukaniem jego składników, co w przypadku zaprawy ZIV obrazuje rys. 6.

Jak wykazały wyniki badań niniejszej pracy, zastosowanie popiołów lotnych z kotłów fluidalnych jako składnika zapraw, może prowadzić do zahamowania ich destrukcji w środowisku kwaśnym w skutek większego udziału fazy C-S-H. Wykazano, że odporność zapraw na korozję kwasową rośnie wraz ze wzrostem w cemencie ilości popiołów z kotłów z fluidalnego spalania.

Literatura

- [1] Brandt A. M., Józwiak-Niedźwiedzka D., Małolepszy J., Marks M., Śliwiński J., Kasperkiewicz J., Zastosowanie popiołów lotnych z kotłów fluidalnych w betonach konstrukcyjnych, Komitet Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN, 72, 2010
- [2] Conn R. E., Sellakumar K., Utilization of CFB Fly Ash for Construction Applications. Proceedings of the 15th International Conference on Fluidized Bed Combustion, Savannah, Georgia, USA, 1999
- [3] Gawlicki M., Roszczynalski W., Ocena możliwości wykorzystania w przemyśle cementowym ubocznych produktów spalania powstających w kotłach fluidalnych, IV Konferencja Naukowo-techniczna „Zagadnienia materiałowe w inżynierii Lądowej MATBUD'2003”. Politechnika Krakowska, Kraków, 25-27 czerwca 2003
- [4] Brandstetr J., Havlica J., Odler I.: Properties and Use of Solid Residue from Fluidized Bed Coal Combustion, Waste Materials Used in Concrete Manufacturing, Noyers Publications, Westwood, New Jersey, 52, 1997
- [5] Grzeszczyk S., Janowska-Renkas E., Kowalska J., Właściwości reologiczne popiołów lotnych z kotłów fluidalnych, Roczniki Inżynierii Budowlanej, KIB PAN O/Katowice, 13, 63-66, 2013
- [6] Rajczyk K., Popioły lotne z kotłów fluidalnych i możliwości ich uszlachetniania. Opole, Wydawnictwo Instytut Śląski, 2012
- [7] Maenami H., Isu N., Ishida E., Mitsuda T., Electron microscopy and phase analysis of fly ash from pressurized fluidized bed combustion, Cement and Concrete Research, 34, 5, 781-788, 2004
- [8] Domosławski W., Pusharjova J. K., Spoiwa budowlane na bazie popiołów lotnych z cyrkulacyjnych kotłów fluidalnych, VII Międzynarodowa Konferencja „Popioły z energetyki”, 18-20, Międzyzdroje, 2000
- [9] Małolepszy J., Mróz R., Wpływ korozji siarczanowej na trwałość zapraw wykonanych z cementów zawierających popioły fluidalne, VII Sympozjum naukowo -Techniczne Reologia w Technologii Betonu, 17-28, Gliwice, 2005
- [10] Kurdowski W., Chemia cementu i betonu, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2010
- [11] Słomka-Słupik B., Zybura A., Doświadczalne badania dekalcyfikacji zaczynu cementowego. Konferencja Dni Betonu, 787-796, Wisła, 11-13 październik 2010,
- [12] Zivica V., Bajza A., Acidic attack of cement based materials – A review. Part 1. Principle of acidic attack., Construction and Building Materials, 15, 8, 331-340, 2001

THE RESISTANCE OF MORTARS WITH FLUIDIZED BEDS BOILER FLY ASHES AND CONVENTIONAL FLY ASHES TO ACID CORROSION

Summary

This paper presents the results of research undertaken to determine the impact of the aggressive environment of acid corrosion on the durability of cement mortars with the participation of fluidized beds boiler fly ashes and conventional fly ashes used separately and in the form of mixtures. The beneficial effect of fluidized beds boiler fly ashes on the physical properties of cement mortars has been shown, i.e. reduction of the contraction, decrease of weight loss and reduction of the destruction of mortars in acid corrosion.

This effect was especially beneficial for mortars containing higher (45% by weight) content of fluidized fly ashes, used separately and in the form of mixtures, regardless of the aggressiveness of the environment (1%, 3% and 5% HCl solution).

