

ODPORNOŚĆ BETONÓW ZAWIERAJĄCYCH POPIÓŁ LOTNY ZE WSPÓŁSPALANIA WĘGLA KAMIENNEGO I BIOMASY NA WNIKANIE JONÓW CHLORKOWYCH

Marta KOSIOR-KAZBERUK*

Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Politechnika Białostocka, ul. Wiejska 45 A, 15-351 Białystok

Streszczenie: Praktyczne wykorzystanie nowego odpadu przemysłu energetycznego, jakim jest popiół lotny pochodzący ze spalania innych paliw niż węgiel wymaga oceny jego właściwości użytkowych. W pracy zaprezentowano wyniki badań nad wpływem popiołu lotnego ze współspalania węgla kamiennego i biomasy drzewnej na odporność betonu na wnikanie jonów chlorkowych. Odporność betonu oceniono na podstawie efektywnego współczynnika dyfuzji określonego w warunkach ustalonego przepływu jonów Cl⁻. Badano betony, w których część cementu (od 0 do 25%) zastąpiono popiołem. Na podstawie wyników badań stwierdzono, że dodatek popiołu lotnego ze współspalania powoduje ograniczenie przepuszczalności betonu dla chlorków. Współczynnik dyfuzji malał wraz ze wzrostem zawartości popiołu w mieszance betonowej i z wiekiem betonu.

Słowa kluczowe: beton, popiół lotny, współspalanie, biomasa, wnikanie chlorków, zagospodarowanie odpadów.

1. Wstęp

Popioły lotne są wartościowymi produktami ubocznymi przemysłu energetycznego i mogą być w szerokim zakresie wykorzystane, między innymi, w produkcji cementu i betonu. Stosowanie popiołów lotnych w tych technologiach jest efektywne technicznie i ekonomicznie oraz nadaje szereg pożądanych cech produktom wytwarzanym z ich udziałem (Ampadu i in., 1999; Wang i Baxter, 2007; Kosior-Kazberuk, 2008). Popiół lotny, użyty jako zamiennik części cementu, wpływa na obniżenie kosztów produkcji mieszanki betonowej (Giergiczny i Gawlicki, 2004), a wtórnie wykorzystany, uznany za materiał odpadowy - przyczynia się również do zysków w sensie ekologicznym.

Wymagania odnośnie popiołów lotnych stosowanych jako dodatek do betonu określa norma PN-EN 450-1 (2007). Norma dopuszcza stosowanie popiołu pochodzącego ze współspalania pyłu węglowego z materiałami roślinnymi, takimi jak wióry drzewne, słoma i inne włókna roślinne a także z drewnem, biomasą z upraw, odpadami zwierzęcymi, osadami ze ścieków komunalnych, odpadami papierniczymi, makulaturą, koksem porafinacyjnym, bezpopiołowymi paliwami płynnymi i gazowymi. Minimalna zawartość węgla w odniesieniu do suchej masy mieszanki paliwowej nie powinna być mniejsza niż 80%, a maksymalna zawartość popiołu lotnego pochodzącego z materiałów współspalanych nie powinna być większa niż 10%.

Przydatność popiołu otrzymanego ze współspalania zostaje potwierdzona, jeżeli wykazana zostanie zgodność z wymaganiami zawartymi w normie PN-EN 450-1 (2007).

Ze względu na zmienność składu mieszanek paliwowych i dążenie do zwiększenia w nich udziału biomasy wiele popiołów nie spełnia wymagań normy PN-EN 450-1 (2007). Zgodnie z założeniami rozwoju energetyki odnawialnej, udział biomasy w bilansie paliwowo-energetycznym państw Unii Europejskiej będzie wzrastał, a tym samym, wzrosną zasoby popiołów pochodzących ze spalania biomasy z paliwami konwencjonalnymi (Grammelis i in., 2006; Zheng i in., 2007).

Wiele problemów dotyczących oceny jakości popiołów lotnych, pochodzących ze spalania innych paliw niż węgiel, oraz zdefiniowania cech tych popiołów, pozwalających na precyzyjne określenie optymalnych kierunków ich wykorzystania, pozostaje nadal niejasnych. Czynniki takie jak, pochodzenie węgla i biomasy, udział biomasy w mieszance paliwowej a także parametry spalania, decydują o składzie chemicznym i mineralnym popiołu, a tym samym, o jego właściwościach (Lamers i in., 2001; Winnicka i Zuwała, 2005; Lelusz i Kosior-Kazberuk, 2008).

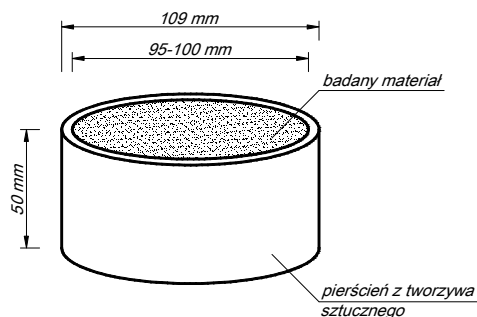
Celem badań, których wyniki zaprezentowano w pracy, była ocena zmian odporności betonu na wnikanie jonów chlorkowych w zależności od zawartości popiołu pochodzącego ze współspalania węgla kamiennego

* Autor odpowiedzialny za korespondencję. E-mail: m.kosior@pb.edu.pl

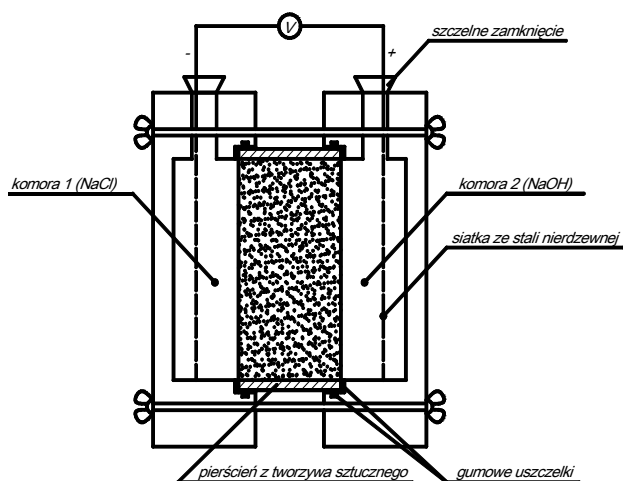
i biomasy drzewnej oraz czasu dojrzewania. Do oceny przepuszczalności betonu dla jonów chlorkowych wybrano test migracji w warunkach ustalonego przepływu jonów. Jest to metoda przyspieszona (Buenfeld i Newman, 1987), w której ruch jonów jest wymuszony przepływem prądu elektrycznego, pozwalająca uzyskać wiarygodne wyniki w krótkim czasie, nawet w przypadku betonów wysokowarościowych.

2. Badanie odporności betonu na wnikanie jonów Cl⁻ przy ustalonym strumieniu chlorków według NT BUILD 355

Procedurę badawczą opracowano na podstawie normy NT BUILD 355 (1997) oraz prac Luping i Nilsson (1992) oraz Castellote i in. (2001). Elementy próbne mają formę walców o średnicy 95-100 mm i grubości 50 mm. Wokół poboczniczy znajduje się pierścień z tworzywa sztucznego ułatwiający umieszczenie próbki w urządzeniu pomiarowym (rys. 1). Próbkę umieszcza się w celi dyfuzyjnej, której schemat przedstawiono na rys. 2.



Rys. 1. Przykładowa próbka badawcza



Rys. 2. Schemat celi dyfuzyjnej wraz z próbką

Przepływ jonów chlorkowych wymusza się prądem elektrycznym o napięciu $12 \text{ V} \pm 0,1 \text{ V}$. W celu przyspieszenia badania, napięcie można nieznacznie podnieść, przy czym należy zachować warunek ograniczający temperaturę wewnątrz celi dyfuzyjnej, która nie może przekroczyć $40 \text{ }^\circ\text{C}$.

Jony chlorkowe migrują z komory 1 (rys. 2) podłączonej do ujemnego bieguna źródła zasilania, w której znajduje się 5% roztwór chlorku sodu (NaCl), do komory 2 podłączonej do dodatniego bieguna źródła zasilania, w której znajduje się 1,2% roztwór wodorotlenku sodu (NaOH).

Właściwe badanie rozpoczyna się w momencie stwierdzenia obecności jonów chlorkowych w komorze 2. W tym celu pobiera się niewielką ilość roztworu, który następnie zakwasza się rozcieńczonym kwasem azotowym (HNO_3) i dodaje kilka kropeł 1 M roztworu azotanu srebra (AgNO_3). Zmętnienie roztworu świadczy o wytrąceniu się soli chlorku srebra (AgCl) i obecności jonów chlorkowych. Od tego momentu badanie w metodzie standardowej powinno trwać minimum siedem dni. Podczas każdego z pomiarów należy dokonać odczytu temperatury i stężenia jonów chlorkowych w komorze 2 za pomocą jonometru, do którego podłączony jest zestaw elektrod (chlorkowa i odniesienia) oraz czujnik temperatury. Należy również zanotować napięcie i natężenie prądu. Do oznaczania stężenia jonów chlorkowych w komorze 2 wykorzystano jonometr z selektywną elektrodą chlorkową. W ten sposób wyeliminowano konieczność pobierania próbek roztworu do badań analitycznych, co wiązałoby się ze zmianą objętości roztworu w komorze 2.

Po analizie wyników pomiarów sporządza się wykres zmian stężenia jonów chlorkowych w czasie, na podstawie co najmniej pięciu punktów pomiarowych. Przy czym, konieczne jest ustalenie liniowej zależności przyrostu stężenia jonów Cl⁻ w czasie.

Strumień chlorków przy ustalonym przepływie jonów oblicza się na podstawie wzoru:

$$J = \frac{\Delta C_2 V_2}{\Delta t A} \quad (1)$$

Efektywny współczynnik dyfuzji oblicza się ze wzoru:

$$D = \frac{JRTL}{z_{Cl} F \Delta E C_1} \quad (2)$$

We wzorach (1) i (2) D jest efektywnym współczynnikiem dyfuzji w m^2/s , ΔE oznacza napięcie prądu stałego stosowanego podczas badania w V , L jest grubością próbki w m , A jest powierzchnią przekroju próbki w m^2 , C_1 i C_2 oznaczają stężenie chlorków w komorze 1 i 2 w kg/m^3 lub w mol/l , V_2 jest objętością komory (2) w m^3 , z_{Cl} oznacza wartość absolutną ładunku elektrycznego, dla chlorków $z_{Cl} = 1$, F to liczba Faradaya, $F = 96,500$, R jest to stała gazowa, $R = 8,314 \text{ J}/(\text{mol}\cdot\text{K})$, T oznacza temperaturę w K , t jest to czas w s .

Efektywny współczynnik dyfuzji określony w warunkach ustalonego przepływu jonów nie może być bezpośrednio porównywany z wartością współczynnika dyfuzji przy nieustalonym przepływie chlorków. Stanowisko badawcze zostało wyposażone w następujące urządzenia:

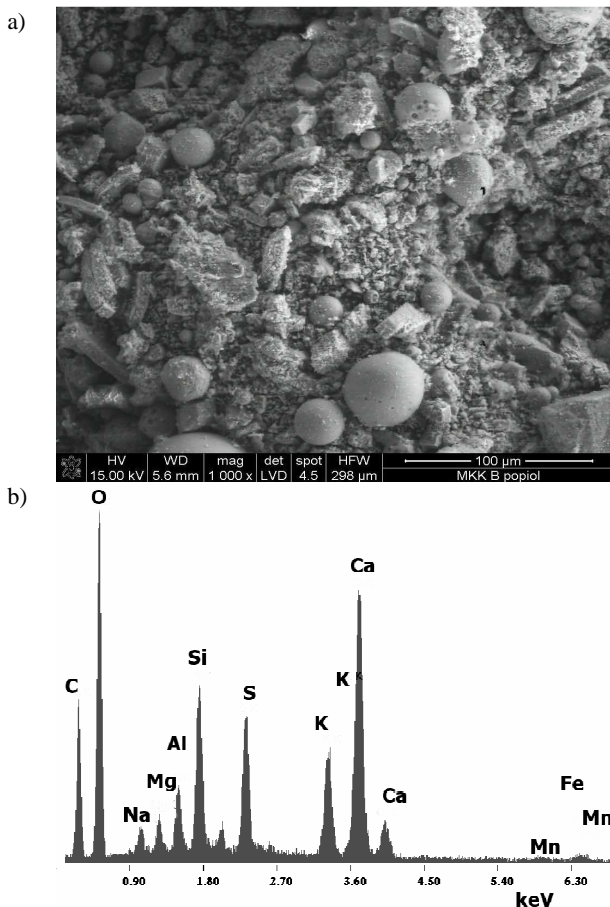
- laboratoryjny pH/jonometr wraz z elektrodami: chlorkową typu ECI-01 oraz odniesienia i czujnikiem temperatury;
- zasilacz laboratoryjny prądu stałego;
- multimetr cyfrowy do rejestracji napięcia i natężenia prądu;
- celę dyfuzyjną.

3. Przygotowanie elementów próbnych

3.1. Właściwości popiołu lotnego ze współspalania

Popiół lotny stosowany jako dodatek mineralny do betonu pochodził ze spalania w kotle konwencjonalnym mieszanki paliw zawierającej 20% węgla kamiennego i 80% zrębków drzewnych. Ze względu na skład mieszanki paliwowej popiół nie spełniał zaleceń normy PN-EN-451-1 (2007). Popiół charakteryzował się gęstością właściwą 2684 kg/m^3 .

Badania mikroskopowe popiołu prowadzono za pomocą elektronowego mikroskopu skaningowego (E-SEM). Analizy składu chemicznego popiołu zostały wykonane metodą punktową przy użyciu analizatora energii charakterystycznego promieniowania rentgenowskiego EDS. Wyniki obserwacji przedstawiono na rys. 3.



Rys. 3. Mikrofotografia E-SEM popiołu lotnego ze współspalania: a) powiększenie 1000 razy, b) analiza EDS we wskazanym obszarze

Badany popiół lotny zawiera niewielką ilość ziaren o kształcie kulistym. Obserwuje się formy prostopadłościenną, wydłużoną, dominują nieregularne. W składzie popiołu występuje krzem, węgiel (próbki nie były napyłane węglem przed badaniem), wapń, potas, sód, mangan. Analiza chemiczna wykazała, że popiół zawiera 5,35% niespalonego węgla.

Aktywność pucolanową popiołu określono zgodnie z zaleceniami normy PN-EN 450-1 (2007). Wskaźnik aktywności jest to (wyrażony w procentach) stosunek wytrzymałości na ściskanie beleczek, o wymiarach $40 \times 40 \times 160 \text{ mm}$, z zaprawy normowej wykonanej przy użyciu 75% cementu porównawczego i 25% badanego popiołu do wytrzymałości beleczek wykonanych z tego samego cementu, bez dodatku popiołu. Badano aktywność popiołu w formie otrzymanej bezpośrednio od producenta oraz popiołu mielonego przez 6 h w młynie kulowym, którego ziarna nie przekraczały $0,063 \text{ mm}$. Obliczone wskaźniki aktywności pucolanowej popiołu wraz z wartościami wymaganymi przedstawiono w tab. 1. Badany popiół spełnia wymagania w zakresie aktywności pucolanowej. Zmielenie materiału istotnie zwiększyło jego aktywność. Do badania właściwości betonu prezentowanych w pracy stosowano popiół zmielony.

Tab. 1. Ocena aktywności pucolanowej popiołu lotnego na podstawie wytrzymałości na ściskanie f_{cm}

Wskaźnik aktywności pucolanowej	Forma popiołu		Wymagania wg PN-EN 450-1 (2007)
	niemielony	mielony	
po 28 dniach dojrzewania	85%	102%	75%
po 90 dniach dojrzewania	86%	107%	85%

3.2. Składniki i receptury betonów

Do wykonania betonów wykorzystano cement portlandzki CEM I 42,5N – HSR/NA oraz kruszywo naturalne sortowane o ziarnach do 8mm. Zachowano stały skład granulometryczny kruszywa.

Betony zawierające popiół lotny pochodzący ze współspalania zaprojektowano i wykonano według zasad zawartych w normie PN-EN 206-1 (2003). Betony zawierały od 0 do 25% popiołu w stosunku do masy cementu. Część popiołu uwzględniono w recepturze jako spoiwo (40% w przypadku cementu CEM I 42,5) a część – jako wypełniacz. Zawartość cementu w betonie porównawczym, bez dodatku, wynosiła 350 kg/m^3 . Zachowano stałą wartość wskaźnika wody do spoiwa w badanych mieszankach ($w/(c + k \times pl) = 0,40$). Szczegółowe dane dotyczące receptur betonów podano w tab. 2.

Do badania odporności materiału na wnikanie jonów chlorkowych, według NT BUILD 355 (1997), przygotowano próbki w postaci walców o średnicy 105 mm i grubości $50 \pm 1 \text{ mm}$ (rys. 1). Powierzchnie boczne walców były zabezpieczone ściśle przylegającą powłoką z PCW. Próbki rozformowano po upływie 24 godzin i umieszczono w naczyniach z wodą wodociągową, gdzie przechowywano je do czasu badania. Bezpośrednio przed

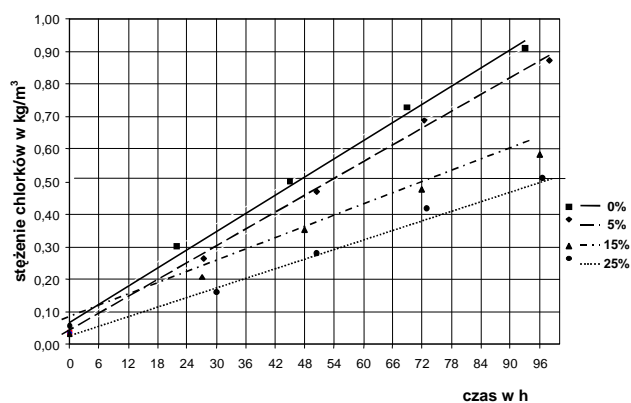
pomiarem próbki nasycano wodą przy obniżonym ciśnieniu, zgodnie z zaleceniem NT BUILD 355 (1997). Właściwości fizyczne betonów badano przy zastosowaniu elementów próbných o wymiarach 100×100×100mm oraz 40×40×160mm. Po rozformowaniu, próbki przechowywano przez 28 dni w wodzie wodociągowej w temperaturze 18±2 oC.

4. Wyniki

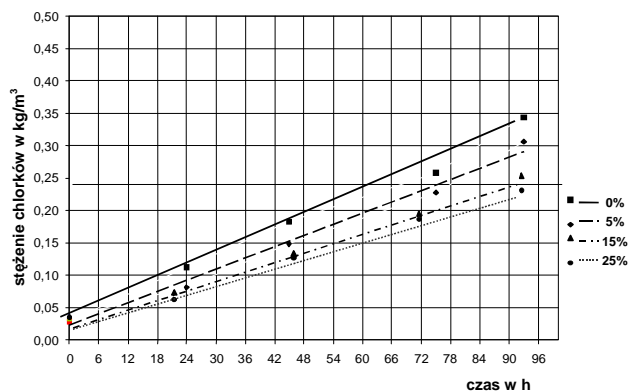
Na rysunkach 4 i 5 przedstawiono zmiany w czasie stężenia jonów Cl⁻ (w komorze 2), w warunkach ustalonego przepływu jonów wymuszonego oddziaływaniem prądu elektrycznego o napięciu 12V, przez próbki z różną zawartością popiołu lotnego, po 28 i 90 dniach dojrzewania. Temperatura roztworów kontrolowana w trakcie badania wahała się od 18 do 20,6 °C. Wartość stężenia jonów Cl⁻ była odwrotnie proporcjonalna do zawartości popiołu w betonie.

Obliczone wartości efektywnego współczynnika dyfuzji D przy ustalonym przepływie jonów Cl⁻ dla betonów o różnej zawartości popiołu zaprezentowano w tab. 3 wraz z zestawieniem właściwości fizycznych betonów związanych z ich mikrostrukturą (Kosior-Kazberuk, 2009).

Stwierdzono, że wprowadzenie popiołu lotnego jako zamiennika części cementu, powoduje istotne zmiany odporności betonu na wnikanie jonów chlorkowych.



Rys. 4. Przyrost stężenia jonów Cl⁻ w czasie (w komorze 2), w warunkach ustalonego przepływu, po 28 dniach dojrzewania, w zależności od zawartości popiołu w betonie



Rys. 5. Przyrost stężenia jonów Cl⁻ w czasie (w komorze 2), w warunkach ustalonego przepływu, po 90 dniach dojrzewania, w zależności od zawartości popiołu w betonie

Tab. 2. Skład mieszanek betonowych

Zawartość popiołu	Cement w kg/m ³	Popiół w kg/m ³	Woda w kg/m ³	Kruszywo		
				0÷2mm w kg/m ³	2÷4mm w kg/m ³	4÷8mm w kg/m ³
0%	350	-	140	1980		
				792	495	693
5%	343	17,2	140	1966		
				786	492	688
15%	330	49,5	140	1940		
				776	485	679
25%	318	79,5	140	1916		
				766	479	671

Tab. 3. Wyniki oznaczeń cech betonów: efektywny współczynnik dyfuzji jonów Cl⁻ (D) po 28 i 90 dniach dojrzewania, gęstość objętościowa (ρ), porowatość kapilarna (p_k), nasiąkliwość wagowa (n_w), podciąganie kapilarne roztworu NaCl (n_{kap})

Zawartość popiołu	D_{28} w $\times 10^{-13}$ m ² /s	D_{90} w $\times 10^{-13}$ m ² /s	ρ w kg/m ³	p_k w %	n_w w %	n_{kap} (NaCl) w kg/m ²
0%	2,40	0,87	2265	12,51	4,12	2,60
5%	2,24	0,76	2237	12,43	4,37	1,90
15%	1,51	0,63	2228	11,63	4,38	1,60
25%	1,27	0,58	2216	11,01	4,43	1,60

Ograniczenie przepuszczalności jonów chlorkowych uzyskano już po 28 dniach dojrzewania, przy czym jest to szczególnie zauważalne w przypadku betonów zawierających 15% i 25% popiołu w stosunku do masy cementu. W przypadku betonu z 5% dodatkiem popiołu spadek przepuszczalności jonów chlorkowych, w porównaniu z betonem bez dodatku jest niewielki.

Pomiary przeprowadzone po 90 dniach potwierdziły ograniczenie dyfuzji jonów chlorkowych. Różnica przepuszczalności w stosunku do betonu bez dodatku popiołu lotnego jest już istotna również w przypadku betonu zawierającego 5% popiołu w stosunku do masy cementu i rośnie proporcjonalnie wraz ze wzrostem zawartości popiołu lotnego w betonie. Wiek betonu ma znaczący wpływ na wartość efektywnego współczynnika dyfuzji w przypadku wszystkich badanych betonów. Najmniejszą odporność na wnikanie chlorków, bez względu na czas dojrzewania, uzyskał beton kontrolny bez popiołu.

Dodatek popiołu lotnego, w ilości do 25% masy cementu, nie wpływa znacząco na zmianę gęstości objętościowej betonu. Dodatek nieznacznie pogarsza nasiąkliwość wodą, ale mieści się ona w granicach charakterystycznych dla zwykłych betonów cementowych. Ze wzrostem zawartości popiołu zmniejsza się zdolność betonu do kapilarnego podciągania roztworu chlorku sodu.

Wyniki przeprowadzonych badań potwierdzają, że dodatek popiołu lotnego wpływa na ograniczenie przepuszczalności betonu dla chlorków.

5. Podsumowanie

Podatność betonów na wnikanie chlorków może być oceniana na podstawie testu migracji przy ustalonym przepływie jonów Cl⁻. W badaniach przeprowadzonych tą metodą uzyskano jasną zależność pomiędzy przepuszczalnością betonu a zawartością popiołu lotnego ze współspalania węgla kamiennego i biomasy oraz czasem dojrzewania próbek.

Badany popiół lotny pochodzący ze spalania mieszanki paliw o dużej zawartości biomasy (80% masy) odznacza się właściwościami pucolanowymi i może być rozważany jako aktywny dodatek mineralny do betonów konstrukcyjnych.

Z przeprowadzonych badań wynika, że obecność w mieszance betonowej popiołu lotnego ze współspalania powoduje ograniczenie przepuszczalności chlorków, podobnie jak w przypadku stosowania popiołu ze spalania węgla (Ampadu i in., 1999; Thomas i Bamforth, 1999). Wartość efektywnego współczynnika dyfuzji chlorków malała wraz ze wzrostem zawartości dodatku mineralnego w betonie, a także z wiekiem betonu. Jednakże, korzystny wpływ dodatku mineralnego obserwowano już po 28 dniach dojrzewania.

Należy oczekiwać, że beton zawierający popiół lotny, pochodzący ze współspalania węgla i biomasy, w ilości do 25% masy cementu, wykaże podwyższoną odporność na wnikanie jonów chlorkowych ze środowiska

zewnątrznego w porównaniu do betonu kontrolnego zawierającego tylko cement portlandzki.

Przy ocenie właściwości fizycznych materiałów z dodatkiem popiołu lotnego należy wziąć pod uwagę, że badania tych cech przeprowadzono po 28 dniach dojrzewania, kiedy jeszcze zachodzą istotne zmiany w mikrostrukturze betonu spowodowane spowolnionym procesem hydratacji i reakcją pucolanową.

Podobnie, jak w przypadku popiołów konwencjonalnych, przydatność popiołów ze współspalania musi być sprawdzana dla każdego ich zastosowania. Pomimo niewielkiej różnicy w zawartości poszczególnych składników w mieszankach w stosunku do węgla, należy sprawdzać stabilność parametrów popiołów uzyskiwanych w procesie współspalania (Winnicka i Zuwała, 2005; Giergiczny, 2007). Wyższa zawartość niektórych składników substancji mineralnej biomasy może niekorzystnie wpływać na jakość popiołu, zwłaszcza w przypadku zwiększenia jej udziału w mieszance paliwowej.

Literatura

- Ampadu K.O., Torii K., Kawamura M. (1999). Beneficial effect of fly ash on chloride diffusivity of hardened cement paste. *Cement and Concrete Research*, Vol. 29, 585-590.
- Buenfeld N.R., Newman J.B. (1987). Examination of three methods for studying ion diffusion in cement pastes, mortars and concrete. *Materials and Structures*, Vol. 20, 3-10.
- Castellote M., Andrade C., Alonso C. (2001) Measurement of the steady and non-steady-state chloride diffusion coefficient in a migration test by means of monitoring the conductivity in the anolyte chamber. Comparison with natural tests. *Cement and Concrete Research*, Vol. 31, 1411-1420.
- Giergiczny E. (2007). Popiół lotny ze współspalania jako dodatek do cementu i betonu w aspekcie wymagań normowych i środowiskowych. W: *Mat. XIV Międzynarodowej Konferencji „Popioły z energetyki”*, Międzyzdroje 2007.
- Giergiczny Z., Gawlicki M. (2004). Racjonalne wykorzystanie popiołu lotnego w betonie. *Budownictwo, Technologie, Architektura*, 4/2004, 35-39.
- Grammelis P., Skodras G., Kakaras E. (2006) Effect of biomass co-firing with coal on ash properties. Part I: Characterisation and PDS. *Fuel*, Vol. 85, 2310-2315.
- Kosior-Kazberuk M. (2008). Wykorzystanie popiołów lotnych pochodzących ze współspalania węgla i biomasy w budownictwie. *Problemy naukowo-badawcze budownictwa. T. IV Zrównoważony rozwój w budownictwie. Wyd. Politechniki Białostockiej*, 379-388.
- Kosior-Kazberuk M. (2009). Właściwości betonu z dodatkiem popiołu lotnego pochodzącego ze współspalania węgla i biomasy. *Przegląd Budowlany*, 5/2009, 45-48.
- Lamers F.J.M., Vissers J.L.J., van der Berg J.W. (2001). Effects of co-combustion of secondary fuels on fly ash quality. W: *Proc. of the 7th CANMET/ACI International Conference on Fly Ash, Silica Fume, Slag and Pozzolans in Concrete*. Vol. 1. *ACI*, 433-457.
- Lelusz M., Kosior – Kazberuk M. (2008). Popiół lotny pochodzący ze współspalania węgla i biomasy jako dodatek do betonu. *Ceramika*, Vol. 103/2, 1089-1100.
- Luping T., Nilsson L.O. (1992). Rapid determination of the

- chloride diffusivity in concrete by applying an electrical field. *ACI Materials Journal*, Vol. 89, No. 1, 49-53.
- Thomas M.D.A., Bamforth P.B. (1999). Modelling chloride diffusion in concrete. Effect of fly ash and slag. *Cement and Concrete Research*, Vol. 29, 487-495.
- Wang S., Baxter L. (2007). Comprehensive study of biomass fly ash in concrete: Strength, microscopy, kinetics and durability. *Fuel Processing Technology*, Vol. 88, 1165-1170.
- Winnicka G., Zuwała J. (2005). Współspalanie biomasy w energetyce – ocena wpływu na skład chemiczny popiołu. W: *Mat. Sem. Tech. Popioły z Energetyki*, Warszawa 2005, 43-60.
- Zheng Y., Jensen P.A., Jensen A.D., Sander B., Junker H. (2007). Ash transformation during co-firing coal and straw. *Fuel*, Vol. 86, 1008-1020.

THE RESISTANCE OF CONCRETES WITH FLY ASH FROM CO-COMBUSTION OF HARD COAL AND BIOMASS TO CHLORIDE ION PENETRATION

Abstract: The practical utilization of new by-product of the power industry – the fly ash from the combustion of other fuels than coal – demands the assessment of its applicable properties. The paper deals with the research concerning the influence of the fly ash from co-combustion of hard coal and wood-biomass on the resistance of concrete to chloride ion penetration. The resistance of concrete was evaluated on the basis of the effective diffusivity coefficient determined in steady-state migration test. The investigations were carried out for concretes in which the part of Portland cement (from 0 to 25%) was replaced by the ash. On the basis of test results, it was found that the addition of the fly ash from the co-combustion caused the significant reduction of the concrete permeability for chlorides. The diffusivity decreased with the increase in percentage of ash in the concrete mixture as well as with the concrete age.