

WSKAŹNIKI AKTYWNOŚCI K28 I K90 POPIOŁÓW LOTNYCH KRZEMIONKOWYCH O MIAŁKOŚCI KATEGORII S DLA RÓŻNYCH NORMOWYCH CEMENTÓW PORTLANDZKICH

Tomasz Baran, Mikołaj Ostrowski,
Piotr Francuz, Bogumiła Duszak,
Dariusz Kalarus

*Institut Ceramiki i Materiałów Budowlanych,
Oddział Szkła i Materiałów Budowlanych w Krakowie*

STRESZCZENIE

W artykule przedstawiono wartości wskaźników aktywności K28 i K90 popiołów lotnych krzemionkowych o miąłkości kategorii S dla różnych, normowych cementów portlandzkich. Do badań pozyskano 9 popiołów lotnych krzemionkowych z różnych zakładów energetycznych oraz 7 cementów portlandzkich CEM I z różnych cementowni w Polsce. Cementy były zróżnicowane z uwagi na skład fazowy i chemiczny; głównie zawartość glinianu trójwapniowego oraz zawartość sodu i potasu. Zawartość glinianu trójwapniowego mieściła się w granicach 3–10%, a zawartość sodu i potasu w przeliczeniu na Na_2O_e w granicach 0,55–0,69%, czyli oba parametry spełniały wymagania normy PN-EN 450-1, dla cementu porównawczego.

Z popiołów lotnych krzemionkowych o miąłkości kategorii N przygotowano popioły lotne krzemionkowe o miąłkości kategorii S, poprzez wyseparowanie na drodze odsiania (odrzućenia) grubych frakcji.

Badania wykazały, że dla cementu portlandzkiego CEM I z różnych cementowni uzyskano różne wartości współczynników aktywności K28 i K90 dla tego samego popiołu lotnego krzemionkowego kategorii S. Z pośród przebadanych 63 próbek cementów popiołowych tylko 2 próbki (3%) nie spełniały wymagań wartości wskaźnika aktywności K28, tj. minimum 75% w odniesieniu do wytrzymałości na ściskanie danego cementu porównawczego. Natomiast wszystkie próbki spełniały i to z dużym zapasem, wartości wskaźnika aktywności K90, tj. minimum 85% w odniesieniu do wytrzymałości na ściskanie danego cementu porównawczego. Należy podkreślić, że 60 próbek cementów popiołowych (95%)

uzyskało wartości wskaźnika aktywności K90, powyżej 100%, czyli te cementy popiołowe uzyskały wytrzymałości na ściskanie po 90 dniach, większe niż odpowiedni porównawczy cement portlandzki. Taki wpływ cementów portlandzkich na wskaźniki aktywności popiołów można tłumaczyć głównie zawartością strat prążeń. Uzyskane wyniki sugerują stosowanie popiołów lotnych krzemionkowych o mialkości kategorii S zarówno do produkcji cementu jak i betonu. Należy podkreślić korzyści ekonomiczne i ekologiczne ze stosowania odpadowego popiołu lotnego krzemionkowego o mialkości kategorii S do cementu i betonu, w miejsce drogiego, energochłonnego klinkieru portlandzkiego.

1. WSTĘP

Popiół lotny krzemionkowy jest produktem odpadowym powstającym w wyniku spalania węgla kamiennego w zakładach energetyki zawodowej. Skład popiołu lotnego krzemionkowego oraz jego właściwości kwalifikują go jako dodatek mineralny, wykorzystywany w innych gałęziach przemysłu w tym, w przemyśle cementowym i betonowym. Popiół lotny krzemionkowy jest obecnie drugim, po granulowanym żużlu wielkopieczowym, niezbędnym dodatkiem stosowanym do produkcji cementu i betonu. Znajduje zastosowania jako: dodatek mineralny do produkcji cementów; aktywny dodatek mineralny i mikrokruszywo do produkcji betonu zwykłego i samozagęszczającego się (SCC), do produkcji betonów wysokowytrzymałościowych i betonów o wysokiej trwałości; składnik do produkcji betonów komórkowych, drogowych i innych [1-5]. O szerokim zastosowaniu popiołów lotnych krzemionkowych decyduje przede wszystkim ich duża mialkość, skład chemiczny zbliżony do ilastych surowców naturalnych oraz aktywność pucolanowa.

Ze względu na mialkość popiół lotny krzemionkowy klasyfikuje się na kategorię N i S [6]. Popiół lotny krzemionkowy o mialkości kategorii N to materiał, którego pozostałość na sicie 0,045 mm mieści się w przedziale 12 - 40% masy. Popiół lotny krzemionkowy o mialkości kategorii S to materiał którego pozostałość na sicie 0,045 mm nie może przekraczać 12%. Popiół lotny krzemionkowy o mialkości kategorii N jest wykorzystywany na bardzo szeroką skalę do produkcji cementów portlandzkich popiołowych, cementów pucolanowych oraz cementów wieloskładnikowych, i jako dodatek typu II do betonu. Popiół lotny krzemionkowy o mialkości kategorii S otrzymywany w wyniku separacji grubych frakcji, jako jednej z kilku metod uzdatniania popiołu lotnego wg normy PN EN 450-1 nie jest obecnie wykorzystywany w Polsce. Popiół ten jest natomiast wykorzystywany w innych krajach do produkcji betonów wysokowytrzymałościowych i samozagęszczalnych [7,8].

W artykule badano wskaźniki aktywności K28 i K90 dla 9 popiołów lotnych krzemionkowych o mialkości kategorii S, które uzyskano poprzez separację popiołów lotnych o mialkości kategorii N, pozyskanych z różnych zakładów energetyki zawodowej. Do badań wskaźników aktywności K28 i K90 zastosowano 7 próbek cementu portlandzkiego CEM I z różnych cementowni, zróżnicowanych

z uwagi na skład fazowy i chemiczny; głównie zawartość glinianu trójwapiowego oraz alkaliów. Z pośród zastosowanych cementów jeden nie spełniał wymagań normy PN-EN 450-1 jako cement porównawczy. Zbadano podstawowe właściwości popiołów i cementów. Dla próbek cementu CEM I wykonano badania właściwości zgodnie z wymaganiami normy PN-EN 197-1 [9]. Próbkę popiołów lotnych krzemionkowych zbadano z uwagi na przydatność popiołu lotnego do cementu i betonu.

2. MATERIAŁY I METODY BADAWCZE

Do badań pozyskano 9 popiołów lotnych krzemionkowych o miąłkości kategorii N. Składy chemiczne popiołów lotnych krzemionkowych o miąłkości kategorii N podano w artykule pt. „Wpływ cementu portlandzkiego na wartości wskaźników aktywności popiołów lotnych krzemionkowych”, który był zamieszczony w materiałach konferencyjnych w 2017 [10]. Z popiołów tych przygotowano popioły lotne krzemionkowe o miąłkości kategorii S, poprzez wyseparowanie na drodze odsiania (odrzućenia) grubych frakcji tych popiołów. Składy chemiczne popiołów po separacji oraz ich miąłkość, tj. pozostałość na sicie 0,045 mm, podano w tabeli 1. Pozostałe właściwości tych popiołów, odniesione do wymagań normy PN-EN 450-1 przedstawiono w tabeli 2. Z popiołów lotnych krzemionkowych kategorii S wykonano badania wskaźników aktywności K28 i K90 dla 7 próbek cementów porównawczych CEM I o klasie wytrzymałości 42,5. Skład chemiczny i fazowy cementów podano w tabeli 3.

Tabela 1.

Składy chemiczne popiołów lotnych krzemionkowych o miąłkości kategorii S

Oznaczenie popiołu	Składnik									Miąłkość
	Str. praż	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	SO ₃	
	Zawartość, % masy									
Popiół 1S	1,96	52,7	28,4	5,34	2,69	2,23	1,06	3,40	0,40	1,0
Popiół 2S	3,73	50,2	28,9	6,05	2,94	2,02	1,42	2,95	0,05	1,5
Popiół 3S	4,79	49,8	27,9	5,30	3,51	1,86	1,24	3,10	0,05	1,0
Popiół 4S	5,04	48,4	27,8	5,34	3,70	2,63	1,33	3,41	0,10	3,0
Popiół 5S	6,31	50,7	28,5	4,42	2,12	1,71	0,78	3,09	0,02	1,5
Popiół 6S	4,48	50,8	27,2	5,58	3,10	2,52	1,17	3,25	0,13	2,0
Popiół 7S	5,41	48,5	28,3	5,12	3,56	2,15	2,56	2,70	0,05	2,0
Popiół 8S	6,79	48,4	27,7	5,60	3,42	2,18	1,05	2,93	0,09	2,5
Popiół 9S	9,30	46,8	26,2	5,01	3,82	2,71	1,30	3,04	0,05	1,0

Tabela 2.

Właściwości popiołów lotnych krzemionkowych o miąłkości kategorii S

Właściwość	Wymagania wg PN EN 450-1	Uzyskane wyniki
Strata prażenia	≤ 9 %	< 9,3 % (Popiół 9S)
Zawartość chlorków (Cl)	≤ 0,10 %	< 0,04 %
Zawartość siarczanów (SO ₃)	≤ 3,0 %	≤ 0,4 %
Zawartość wolnego wapna	≤ 1,5 %	< 0,3 %
Zawartość reaktywnego tlenu wapnia	≤ 10 %	< 4,0 % (całkowite)
Miałkość: kategoria N kategoria S	< 40 % masy < 12 % masy	< 3,0 % masy
Wodożądność w stosunku do cementu porównawczego – tylko dla odmiany S	< 95 %	< 94 %
Wskaźniki aktywności: K28 K90	Po 28 dniach ≥ 75% Po 90 dniach ≥ 85%	W tabelach 4-10

Tabela 3. Skład chemiczny cementów porównawczych CEM I

Składnik	Oznaczenie cementu						
	Cement 1	Cement 2	Cement 3	Cement 4	Cement 5	Cement 6	Cement 7
	Zawartość, % masy						
Str. praż.	3,04	3,13	4,85	4,75	3,28	1,23	3,07
SiO ₂	19,83	19,71	19,34	19,26	19,89	20,82	19,80
Al ₂ O ₃	4,37	4,60	5,26	5,14	4,73	4,41	4,39
Fe ₂ O ₃	3,36	3,54	2,28	2,75	2,26	5,34	3,38
CaO	64,19	62,14	62,56	61,91	63,17	63,31	64,15
MgO	0,60	2,33	1,59	1,36	1,78	0,93	0,59
SO ₃	2,89	3,05	2,75	3,11	3,31	2,57	2,29
Na ₂ O	0,21	0,09	0,12	0,14	0,13	0,33	0,20
K ₂ O	0,51	0,89	0,68	0,83	0,82	0,25	0,51
Na ₂ O _e	0,55	0,68	0,57	0,69	0,67	0,50	0,55
Skład fazowy obliczony wzorami Bogue'a, % masowy [11]							
C ₃ S	68	59	61	58	62	55	68
C ₂ S	4	11	8	10	9	17	4
C ₃ A	6	6	10	9	9	3	6
C ₄ AF	10	11	7	8	7	16	10

3. Wyniki badań i dyskusja

Zgodnie z normą PN-EN 450-1 „Popiół lotny do betonu”, z materiałów zamieszczonych w tabelach 1 i 3, wykonano mieszanki zawierające 25% popiołu i 75% cementu. Mieszanki do badań o ww. proporcji popiołu i cementu, uzyskano przez uśrednianie na mieszadle rolkowym przez ok. 30 minut, składników odważanych do pojemników plastikowych, wypełnionych korkami gumowymi. W sumie wykonano 63 mieszanki, które poddano badaniom wytrzymałości na ściskanie po 28 i 90 dniach hydratacji. Wskaźniki aktywności K28 i K90 popiołów obliczono poprzez porównanie wyników wytrzymałości badanych mieszanek z wytrzymałością odpowiedniego cementu porównawczego CEM I, po odpowiednim czasie, tj. 28 lub 90 dniach hydratacji. Wyniki obliczeń wskaźników aktywności K28 i K90 wszystkich popiołów lotnych krzemionkowych, dla poszczególnych cementów porównawczych zamieszczono w tabelach 4-10. Natomiast na rysunkach 1 i 2 przedstawiono wartości wskaźników aktywności dla wybranego jednego popiołu lotnego krzemionkowego o miąższości kategorii S i wszystkich badanych cementów porównawczych.

Tabela 4. Wyniki wskaźników aktywności mieszanek popiołów lotnych krzemionkowych z cementem 1

Oznaczenie popiołu	Wytrzymałość na ściskanie, MPa		Wartości wskaźników aktywności, %	
	28 dni	90 dni	K28	K90
Bez popiołu, tzw. cement porównawczy	57,1	63,4	100	100
Popiół 1S	53,9	75,8	94,4	119,6
Popiół 2S	55,7	70,0	97,6	110,4
Popiół 3S	53,3	71,1	93,3	112,2
Popiół 4S	50,0	69,8	87,5	110,1
Popiół 5S	48,2	70,2	84,4	110,7
Popiół 6S	55,2	79,1	96,7	124,8
Popiół 7S	53,8	77,1	94,2	121,6
Popiół 8S	49,3	69,7	86,4	109,9
Popiół 9S	50,7	73,7	88,8	116,2

Tabela 5. Wyniki wskaźników aktywności mieszanek popiołów lotnych krzemionkowych z cementem 2

Rodzaj dodanego popiołu	Wytrzymałość na ściskanie, MPa		Wartości wskaźników aktywności, %	
	28 dni	90 dni	K28	K90
Bez popiołu, tzw. cement porównawczy	56,4	63,1	100	100
Popiół 1S	49,9	70,0	88,4	111,0
Popiół 2S	51,0	63,8	90,4	101,1
Popiół 3S	51,6	68,3	91,5	108,3
Popiół 4S	51,5	69,9	91,3	110,8
Popiół 5S	43,8	66,2	77,7	104,9
Popiół 6S	48,2	67,2	85,5	106,5
Popiół 7S	47,4	67,1	84,0	106,4
Popiół 8S	47,0	68,1	83,4	107,9
Popiół 9S	48,2	69,7	85,5	110,5

Tabela 6. Wyniki wskaźników aktywności mieszanek popiołów lotnych krzemionkowych z cementem 3

Rodzaj dodanego popiołu	Wytrzymałość na ściskanie, MPa		Wartości wskaźników aktywności, %	
	28 dni	90 dni	K28	K90
Bez popiołu, tzw. cement porównawczy	54,9	61,7	100	100
Popiół 1S	47,1	64,4	85,8	104,4
Popiół 2S	45,4	64,3	82,7	104,2
Popiół 3S	48,1	65,6	87,7	106,4
Popiół 4S	42,2	65,8	76,8	106,5
Popiół 5S	39,3	57,0	71,6	92,4
Popiół 6S	46,1	63,2	84,0	102,5
Popiół 7S	44,4	67,4	80,9	109,2
Popiół 8S	40,4	60,7	73,5	98,3
Popiół 9S	42,7	62,3	77,8	101,0

Tabela 7. Wyniki wskaźników aktywności mieszanek popiołów lotnych krzemionkowych z cementem 4

Rodzaj dodanego popiołu	Wytrzymałość na ściskanie, MPa		Wartości wskaźników aktywności, %	
	Po 28 dni	Po 90 dni	K28	K90
Bez popiołu, tzw. cement porównawczy	47,8	56,2	100	100
Popiół 1S	40,2	64,6	84,2	115,0
Popiół 2S	46,0	71,3	96,3	126,8
Popiół 3S	43,4	65,6	90,8	116,7
Popiół 4S	43,1	63,5	90,2	113,0
Popiół 5S	43,6	61,8	91,3	109,9
Popiół 6S	44,1	67,6	92,2	120,2
Popiół 7S	45,5	71,5	95,2	127,2
Popiół 8S	44,4	67,8	92,8	120,7
Popiół 9S	45,9	70,3	96,1	125,0

Tabela 8. Wyniki wskaźników aktywności mieszanek popiołów lotnych krzemionkowych z cementem 5

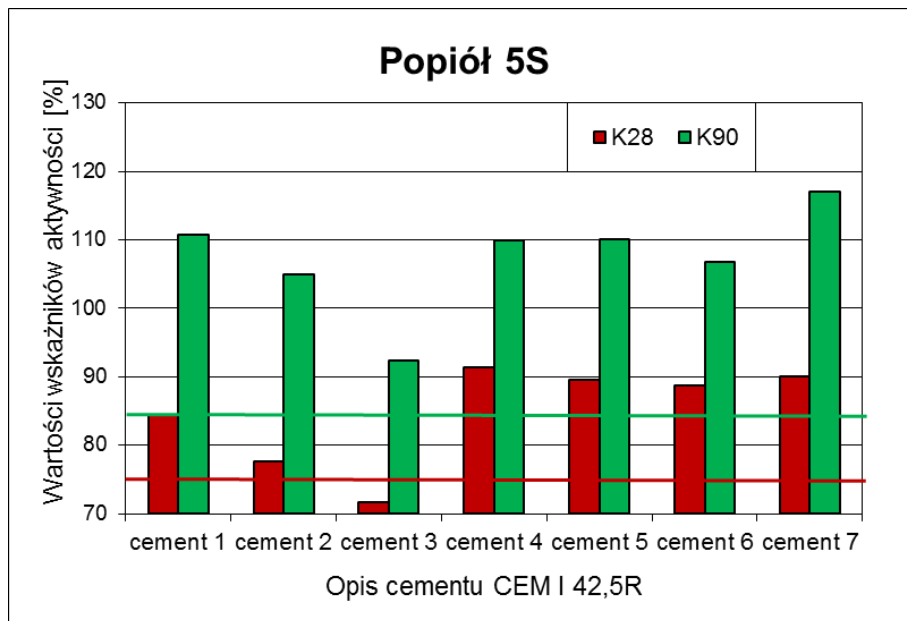
Rodzaj dodanego popiołu	Wytrzymałość na ściskanie, MPa		Wartości wskaźników aktywności, %	
	28 dni	90 dni	K28	K90
Bez popiołu, tzw. cement porównawczy	55,4	62,2	100	100
Popiół 1S	46,1	64,5	83,3	103,7
Popiół 2S	48,4	70,2	87,4	112,8
Popiół 3S	47,2	67,5	85,2	108,5
Popiół 4S	45,1	62,1	81,4	99,8
Popiół 5S	49,6	68,5	89,5	110,1
Popiół 6S	47,3	68,1	85,4	109,5
Popiół 7S	46,4	68,8	83,7	110,6
Popiół 8S	47,9	65,5	86,5	105,3
Popiół 9S	47,1	68,5	85,0	110,1

Tabela 9. Wyniki wskaźników aktywności mieszanek popiołów lotnych krzemionkowych z cementem 6

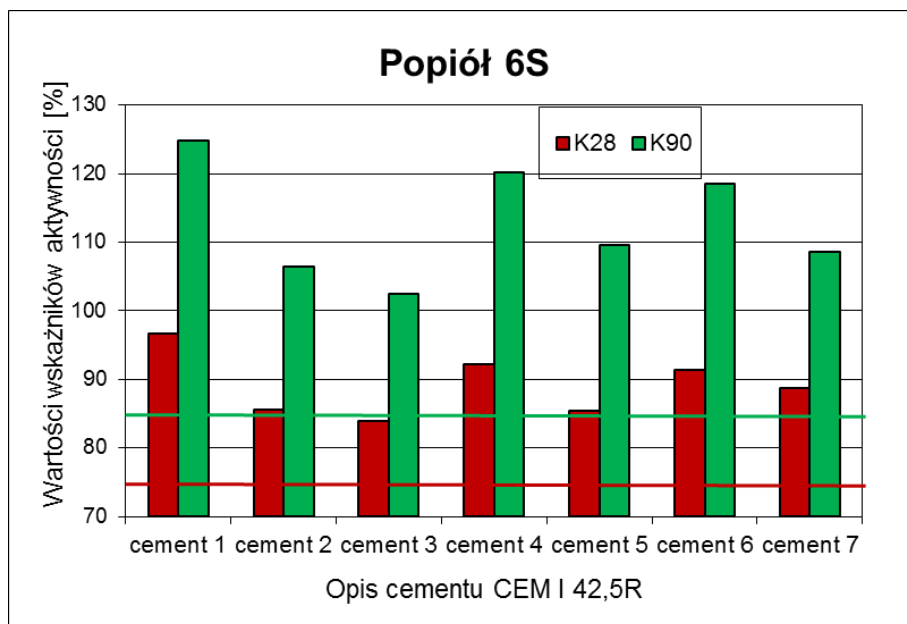
Rodzaj dodanego popiołu	Wytrzymałość na ściskanie, MPa		Wartości wskaźników aktywności, %	
	28 dni	90 dni	K28	K90
Bez popiołu, tzw. cement porównawczy	47,0	59,3	100	100
Popiół 1S	39,8	63,6	84,6	107,3
Popiół 2S	44,3	70,5	94,3	118,9
Popiół 3S	43,1	68,8	91,7	116,0
Popiół 4S	41,8	68,1	89,0	114,9
Popiół 5S	41,7	63,3	88,8	106,8
Popiół 6S	43,0	70,3	91,4	118,6
Popiół 7S	43,5	69,1	92,5	116,5
Popiół 8S	40,7	63,1	86,6	106,4
Popiół 9S	38,8	63,6	82,5	107,3

Tabela 10. Wyniki wskaźników aktywności mieszanek popiołów lotnych krzemionkowych z cementem 7

Rodzaj dodanego popiołu	Wytrzymałość na ściskanie, MPa		Wartości wskaźników aktywności, %	
	28 dni	90 dni	K28	K90
Bez popiołu, tzw. cement porównawczy	57,2	63,6	100	100
Popiół 1S	51,7	68,2	90,4	107,3
Popiół 2S	52,3	71,7	91,5	112,8
Popiół 3S	50,4	69,5	88,1	109,3
Popiół 4S	50,7	72,5	88,6	114,0
Popiół 5S	51,5	74,5	90,1	117,1
Popiół 6S	50,8	69,1	88,8	108,6
Popiół 7S	49,9	71,7	87,2	112,7
Popiół 8S	50,8	70,9	88,8	111,4
Popiół 9S	49,5	70,3	86,6	110,6



Rys. 1. Wskaźniki aktywności K28 i K90 dla popiołu 5S



Rys. 2. Wskaźniki aktywności K28 i K90 dla popiołu 6S

Z pośród zastosowanych materiałów do badań popiołów 9S nie spełniał wymagań normy PN-EN 450-1 przekraczając straty prażenia kategorii C popiołów o 0,30% (tab. 1). Cement 6 nie spełniał wymagań normy PN-EN 450-1 jako cement porównawczy, zawierając 3% glinianu trójwapniowego C₃A (tab. 2), a zgodnie z normą PN-EN 450-1, cement porównawczy do badań wskaźników aktywności K28 i K90 powinien zawierać od 6 do 12% C₃A [6]. Pomimo to materiały te zastosowano do badań celem sprawdzenia wpływu dużej zawartości części palnych w popiele lotnym krzemionkowym i małej zawartości glinianu trójwapniowego C₃A w cemencie na wartości wskaźników aktywności K28 i K90.

Z wyjątkiem cementu 3, dla pozostałych cementów porównawczych badane popioły lotne krzemionkowe o miałości kategorii S spełniają wymagania normy, osiągając wskaźniki aktywności K28 i K90 odpowiednio nie mniej niż 75% i 85% (tab. 4 - 10). Także w przypadku cementu 6, który jak wspomniano nie spełnia wymagań jako porównawczy, badane popioły spełniają wymagania minimalnej wartości wskaźników aktywności K28 i K90.

W przypadku cementu porównawczego 3, uzyskano złe wskaźniki aktywności K28 dla popiołu 5S i 8S, z uwagi na duże straty prażenia (ilości niespalonego węgla) tych popiołów, przekraczające 6% (tab. 1)

Dla pięciu cementów: 1, 2, 4, 6 i 7 uzyskano wskaźniki aktywności K90 przekraczające 100%, czyli te cementy popiołowe uzyskały wytrzymałości na ściskanie po 90 dniach większe niż porównawczy cement portlandzki. Najlepsze wskaźniki aktywności K90, uzyskano dla cementu 4.

Analizując wyniki wskaźników aktywności K28 i K90 dla poszczególnych popiołów lotnych krzemionkowych o miałości kategorii S można stwierdzić, że najmniejsze wskaźniki aktywności uzyskano dla popiołu 5S, a największe wskaźniki aktywności uzyskano dla popiołów 6S i 7S (rys. 1 i 2).

4. WNIOSKI

Uzyskane wyniki badań pozwalają na przedstawienie następujących wniosków:

- Z pośród przebadanych 63 próbek cementów popiołowych tylko 2 próbki (3%) nie spełniały wymagań wartości wskaźnika aktywności K28, tj. minimum 75% w odniesieniu do wytrzymałości na ściskanie danego cementu porównawczego.
- Z kolei wszystkie próbki spełniały i to z dużym zapasem wartości wskaźnika aktywności K90, tj. minimum 85%, w odniesieniu do wytrzymałości na ściskanie danego cementu porównawczego.
- 95% cementów popiołowych (60 próbek) uzyskało wartości wskaźnika aktywności K90, powyżej 100%, czyli te cementy popiołowe uzyskały wytrzymałości na ściskanie po 90 dniach większe niż porównawczy cement portlandzki. Takie wyniki sugerują na stosowanie popiołów lotnych krzemionkowych o miałości kategorii S zarówno do produkcji cementu jak i betonu.
- Należy podkreślić korzyści ekonomiczne i ekologiczne ze stosowania odpadowego popiołu lotnego krzemionkowego o miałości kategorii S do cementu i betonu, w miejsce drogiego, energochłonnego klinkieru portlandzkiego.

5. LITERATURA

- [1] A. Neville, Właściwości betonu. Wydawnictwo Polski Cement, Kraków, 2012.
- [2] W. Kurdowski, Chemia Cementu, Wydawnictwo Polski Cement, Kraków, 2010.
- [3] Z. Giergiczny, Monografia: Rola popiołów krzemionkowych i wapiennych w kształtowaniu właściwości współczesnych spoiw budowlanych i spoiw cementowych. Wydawnictwa Politechniki Krakowskiej, 2006.
- [4] J. Pachowski, Popioły lotne i ich zastosowanie w budownictwie drogowym, Wydawnictwo komunikacji i łączności, 1976.
- [5] Z. Giergiczny, Popiół lotny w składzie cementu i betonu. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2013.
- [6] PN-EN 450-1 Popiół lotny do betonu. Część 1: Definicje, specyfikacje i kryteria zgodności.
- [7] J. Feng, S. Liu, Z. Wang, Effects of ultrafine fly ash on the properties of high-strength concrete, Akademia Kiado, Budapest, Hungary 2015, Published online: 29 March 2015.
- [8] C.S. Poon, L. Lam, Y.L. Wong, A study on high strength concrete prepared with large volume of low calcium fly ash. Cement and Concrete, 2000, 30: p. 447 – 455.
- [9] PN-EN 197-1 Cement. Część 1: Skład, wymagania i kryteria zgodności dotyczące cementów powszechnego użytku.
- [10] T. Baran, M. Ostrowski, P. Pichniarczyk, P. Francuz, R. Dobranowski, Wpływ cementu portlandzkiego na wartości wskaźników aktywności popiołów lotnych krzemionkowych”. XXIV Międzynarodowa Konferencja Popioły z Energetyki, 2017, str. 199-210.
- [11] R. H. Bogue, The Chemistry of Portland Cement. Reinhold Publishing Corporation, New York 1955.

ACTIVITY INDEX K28 AND K90 OF SILICEOUS FLY ASH OF S CATEGORY FINENESS FOR DIFFERENT NORMATIVE PORTLAND CEMENT

ABSTRACT

The paper presents the values of K28 and K90 activity index of siliceous fly ash of S category fineness for various standard Portland cements. The study brought 9 siliceous fly ashes from various energy plants and 7 Portland cement CEM I from various cement plants in Poland. These cements were varied due to the phase and chemical composition; mainly the content of tricalcium aluminate and the content of sodium and potassium. The content of tricalcium aluminate was in the range of 3-10%, and the content of sodium and potassium calculated as Na_2O_e was between 0,55-0,69%, i.e. both parameters met the requirements of PN-EN 450-1 standard, for comparative cement.

Siliceous fly ash of S category fineness was prepared from siliceous fly ash of N category fineness, by separation by sieving (rejection) of coarse fractions.

Studies have shown that for Portland cement CEM I from different cement plants different values of K28 and K90 activity index for the same siliceous fly ash of S category fineness were obtained. Of the 63 samples of ash cements tested only 2 samples (3%) did not meet the requirements of the K28 activity index, i.e. a minimum of 75% with respect to the compressive strength of a given comparative cement. On the other hand, all samples fulfilled, with a large margin, the value of the K90 activity index, i.e. a minimum of 85% with respect to the compressive strength of a given comparative cement. It should be emphasized that 60 samples of ash cements (95%) obtained values of the K90 activity index, above 100%, i.e. those ash cements obtained compressive strengths after 90 days greater than the corresponding comparative Portland cement. This influence of Portland cements on activity index of fly ashes can be mainly explained by the content of loss on ignition.

The obtained results suggest the use of siliceous fly ashes of S category fineness for the production of cement and concrete. It is necessary to emphasize economic and ecological benefits from the use of waste siliceous fly ash of S category fineness for cement and concrete, instead of expensive, energy-consuming Portland clinker.
