

WŁAŚCIWOŚCI REOLOGICZNE POPIOŁÓW LOTNYCH Z KOTŁÓW FLUIDALNYCH

Stefania GRZESZCZYK, Elżbieta JANOWSKA-RENKAS, Jolanta KOWALSKA
 Politechnika Opolska, Opole

1. Wprowadzenie

Popioły lotne ze spalania węgla w kotłach fluidalnych wykazują różnice we właściwościach chemicznych i fizycznych w stosunku do popiołów otrzymywanych w kotłach konwencjonalnych, dlatego też posiadają odmienne właściwości [1-4].

W pracy przedstawiono wyniki badań reologicznych zawiesin z popiołów z kotłów fluidalnych oraz zawiesin klinkierowych i cementowych z dodatkiem tych popiołów.

2. Materiały do badań

Skład chemiczny materiałów do badań oraz ich powierzchnię właściwą oznaczoną wg Blaine'a przedstawiono w tablicy 1.

Tablica 1. Skład chemiczny oraz powierzchnia właściwa wg Blaine'a popiołów lotnych ze spalania fluidalnego (PF), klinkieru portlandzkiego (K) i cementu portlandzkiego (C)

Składnik	Popiół (PF)	Klinkier (K)	CEM I 42,5R (C)
SiO ₂	39,26	19,80	19,9
Fe ₂ O ₃	3,79	3,18	2,9
Al ₂ O ₃	29,37	7,16	5,9
CaO	12,04	65,10	65,9
MgO	1,79	1,63	1,6
SO ₃	3,13	0,91	2,9
Powierzchnia wg Blaine'a [m ² /kg]	830	290	400

Badania reologiczne wykonano dla zawiesin z popiołów fluidalnych (PF) oraz dla zawiesin klinkierowych (z klinkieru K) i cementowych (z cementu C, tab.1) zawierających 20% mas. popiołów (PF) w fazie stałej. Jako domieszkę upłynniającą użyto superplastyfikator polikarboksyłanowy (SP) w ilości 1% mas. w stosunku do masy stałej.

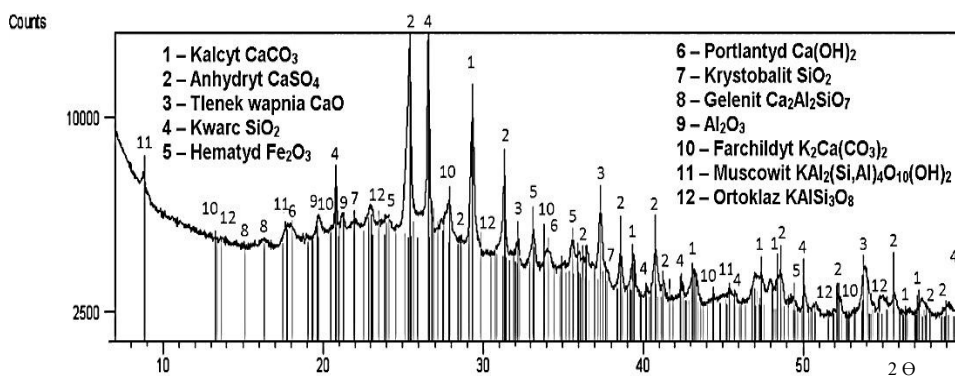
3. Metody badań

Badania składu fazowego popiołów lotnych wykonano za pomocą dyfraktometru rentgenowskiego firmy Philips. Stosowano promieniowanie miedziowe filtrowane i filtr niklowy 0,1 mm, czułość 1000 imp/sek, przesuw taśmy 1 cm/min, zakres kątowy 2θ 5–65°.

Pomiary reologiczne zawiesin przeprowadzono przy użyciu wiskozymetru rotacyjnego o współosiowych cylindrach Viscotester VT550. Właściwości zawiesin określono na podstawie wyznaczonych krzywych płynięcia dla rosnących i malejących szybkości ścinania w zakresie od 0 do 150 s^{-1} , po czasie 10, 30 i 60 minut. Granicę płynięcia i lepkość plastyczną wyznaczono w oparciu o model Binghama. Dla zawiesin klinkierowo-popiołowych i cementowo-popiołowych pomiary wykonano przy stosunku wody do fazy stałej $w/s = 0,45$; natomiast w obecności superplastyfikatora przy $w/s = 0,4$. Zawiesiny z popiołów lotnych ze spalania fluidalnego wymagały zwiększenia stosunku w/s wynoszącego 0,9 a w obecności superplastyfikatora 0,8. Pomiary prowadzono w stałej temperaturze 21°C .

4. Wyniki i ich omówienie

Wyniki badań rentgenograficznych składu fazowego popiołów lotnych z kotłów fluidalnych (PF), przedstawiono na rys. 1. Zidentyfikowano następujące fazy: kwarc, anhydryt, gehlenit, kalcyt, tlenek wapnia portlandyt, krystalalit, tlenek glinu, hematyt, muskowit, fairchildyt, ortoklaz (rys. 1).

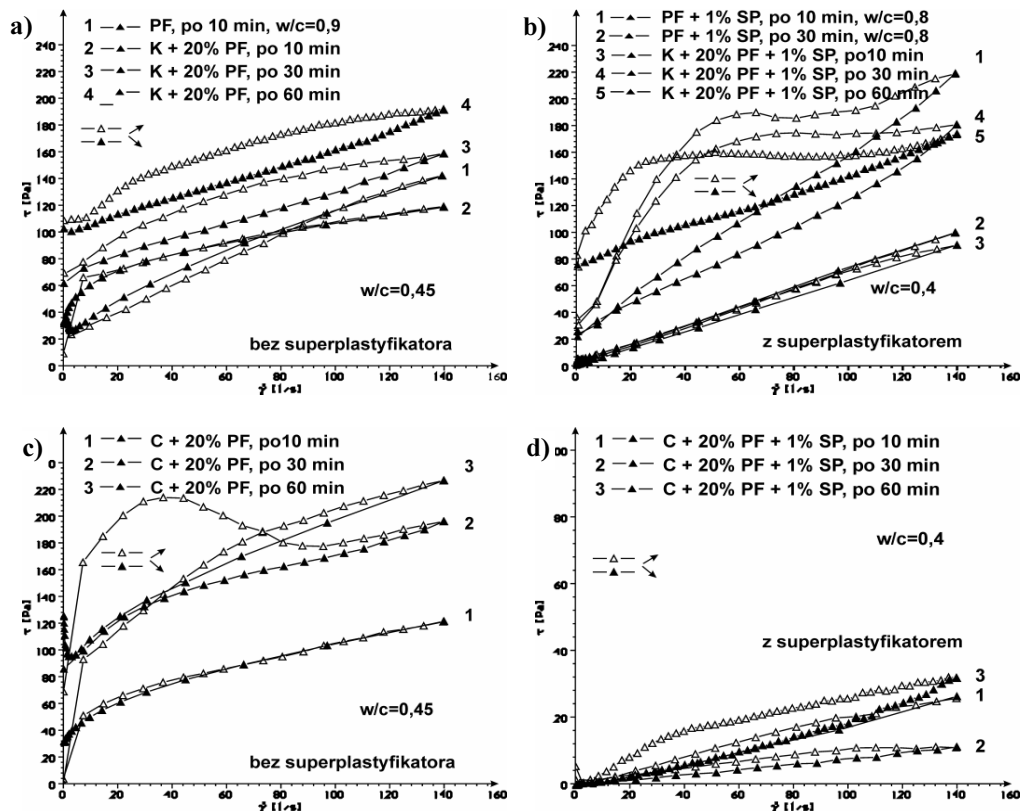


Rys. 1. Dyfraktogram popiołów lotnych z kotłów fluidalnych
Fig. 1. The XRD pattern of fly ash from fluidized bed boilers

Analiza uzyskanych wyników badań reologicznych (rys. 2 a÷d tab. 2) wykazała, że popioły lotne ze spalania fluidalnego charakteryzują się dużą wodożądnością. Sporządzenie zawiesin z tych popiołów wymaga znacznej ilości wody, $w/s = 0,9$, a w obecności superplastyfikatora (SP), $w/s = 0,8$ (rys 2 a÷b, tab. 2). Ponadto w czasie następuje znaczny wzrost parametrów reologicznych zawiesin tak, że pomiar w zawieszynie bez superplastyfikatora jest niemożliwy po 30 minutach, a w obecności superplastyfikatora po 60 minutach.

Wprowadzenie 20% mas. popiołów lotnych ze spalania fluidalnego do klinkieru powoduje upłynnienie zawiesiny klinkierowej (jak wiadomo, czysta zawieszyna klinkierowa wykazuje fałszywe wiązanie), które zwiększa się w obecności superplastyfikatora (rys. 2a÷b, tab. 2).

Porównanie wyników badań reologicznych zawiesin klinkierowych i cementowych wykazało, że parametry reologiczne tych zawiesin są porównywalne (rys. 2a, 2c, tab. 2). Wskazuje to na wpływ siarczanów zawartych w popiołach na opóźnienie hydratacji fazy C_3A w klinkierze zawieszyny klinkierowo-popiołowej.



Rys. 2. Krzywe płynięcia zawiesin popiołowych oraz klinkierowych i cementowych zawierających popioły fluidalne (PF), (a-d)

Fig. 2. Flow curves of fly ash pastes, clinker paste and cement paste containing fluidized fly ashes

Tablica 2. Granica płynięcia i lepkość plastyczna zawiesin popiołowych oraz klinkierowych i cementowych zawierających popioły fluidalne (PF) bez w obecności superplastyfikatora SP, po czasie 10, 30 i 60 minut

Rodzaj i skład zawiesin	w/c	Czas [min]	τ_0 [Pa]	η_{pl} [Pa·s]
Popiołowe (PF)	0,90	10	40,1	0,79
		30	pomiar niemożliwy	pomiar niemożliwy
		60		
Popiołowe (PF + 1% SP)	0,8	10	1,7	0,71
		30	26,7	1,35
		60	pomiar niemożliwy	
Klinkierowe (K + 20% PF)	0,45	10	42,8	0,65
		30	67,7	0,64
		60	99,3	0,63
Klinkierowe (K + 20% PF + 1% SP)	0,40	10	0,49	0,64
		30	20,7	1,07
		60	78,2	0,65
Cementowe (C + 20% PF)	0,45	10	53,5	0,49
		30	117,5	0,55
		60	118,1	0,84
Cementowe (C + 20% PF + 1% SP)	0,40	10	brak granicy płynięcia	0,20
		30		0,08
		60		0,24

W obecności superplastyfikatora stwierdzono większy stopień upłynnienia zawiesin cementowo-popiołowych w porównaniu do upłynnienia zawiesin klinkierowo-popiołowych (rys. 2b, 2d). Przy zachowaniu tego samego stosunku w/s (0,4) zawiesiny cementowe wykazują właściwości cieczy newtonowskiej i charakteryzują się bardzo małą lepkością plastyczną (rys. 2d, tab. 2). Natomiast zawiesiny klinkierowe, wykazują zdecydowanie większą lepkość plastyczną (η_{pl}) i wzrost granicy płynięcia (τ_o) w czasie (tab. 2). Poza tym, krzywe płynięcia wykazują zjawisko tiksotropii (rys. 2b).

5. Wnioski

Na podstawie analizy uzyskanych wyników badań można stwierdzić, że:

1. Zawiesiny z popiołów lotnych z fluidalnego spalania wymagają użycia znacznej ilości wody ($w/s = 0,9$) i charakteryzują się znacznym wzrostem parametrów reologicznych w czasie.
2. Zawiesiny klinkierowe i cementowe zawierające popioły lotne charakteryzują się porównywalnymi parametrami reologicznymi (granica płynięcia i lepkość plastyczna). Powyższe wskazuje na wpływ siarczanów zawartych w popiołach na opóźnienie hydratacji fazy C_3A w zawieszynie klinkierowo-popiołowej.
3. W obecności superplastyfikatora polikarboksyłowego zawiesiny cementowo-popiołowe wykazują większy stopień upłynnienia niż zawiesiny klinkierowo-popiołowe.

Literatura

- [1]. Brandt A.M., praca zbiorowa: Zastosowanie popiołów lotnych z kotłów fluidalnych w betonach konstrukcyjnych, PAN, Warszawa, 2010.
- [2]. Roszczyniański W., Małolepszy J.: Popioły fluidalne jako dodatek do cementów, Międzynarodowe Seminarium Techniczne. "Przetwarzanie i wykorzystanie popiołów wysokowapniowych", Bełchatów, 2006, 97-105.
- [3]. Rajczyk K.: Popioły lotne z kotłów fluidalnych i możliwości ich uszlachetniania, ICiMB, WYDAWNICTWO Instytut Śląski, Opole, 2012.
- [4]. Maenami H., Isu N., Ishida E.H., Mitsuda T.: Electron microscopy and phase analysis of fly ash from pressurized fluidized bed combustion, CCR, 781-788, 2004.

RHEOLOGICAL PROPERTIES OF FLUIDIZED BED BOILERS FLY ASH

Summary

The rheological research has been performed for fly ash originated from the fluidized bed boilers. The suspensions studied included the fly ash alone, or clinker (or cement) with 20% wt. of ash addition. It has been found that pastes from the fly ash alone have large yield value and plastic viscosity. The clinker-ash pastes have lower value of these parameters, comparable with those of the cement-ash pastes. Addition of the superplasticizer leads to much higher fluidity of the cement – ash paste when comparing the clinker-ash one.