

Franciszek PLEWA, Piotr PIERZYNA
Politechnika Śląska, Gliwice

ZALEŻNOŚĆ ZMIAN WŁASNOŚCI FIZYCZNYCH WYBRANYCH ZESTALONYCH MIESZANIN POPIOŁOWO-WODNYCH

Streszczenie. Powstawanie odpadów towarzyszy każdej działalności produkcyjnej człowieka. Szczególnie uciążliwe są dla środowiska odpady wytworzone przez energetykę z uwagi na ich masowość oraz niedostatecznie rozwinięte techniki ich gospodarczego wykorzystania w pracach ziemnych czy inżynierskich. Rodzaj spalnego węgla, technologia spalania i odsiarczania spalin powodują zróżnicowanie właściwości fizycznych, chemicznych i mineralogicznych odpadów energetycznych. Jednym ze sposobów przemysłowego zagospodarowania odpadów energetycznych jest prowadzenie szerokiej gamy badań mieszanin odpadowo-wodnych (kompozytowych), z różnymi dodatkami i środkami wiążącymi, modyfikującymi ich podstawowe własności fizykochemiczne, mechaniczne i filtracyjne. W artykule przedstawiono przykładowe wyniki badań nad wykorzystaniem odpadów energetycznych w różnych technologiach górniczych.

THE DEPENDENCE OF PHYSICAL PROPERTIES OF SELECTED STABILISED FLY ASH – WATER SLURRIES

Summary. Creation of waste is accompanying all human activity. Especially arduous for the environment is the waste being produced by the power generation, due to their volume and insufficiently developed technologies of their use in civil engineering and ground works. Type of coal being combusted, technology of combustion and desulphurization processes induce differences in physical, mechanical, and mineralogical properties of power generation waste. Wide range of laboratory research on fly ash – water slurries with different admixtures (composites) that modify their physical-chemical, mechanical, and filtration properties, leads to development in the industrial utilization of power generation waste. The paper presents selected results of research on the possibility of use of power generation waste in a range of mining technologies.

1. Wstęp

Powstawanie odpadów towarzyszy każdej działalności człowieka. Niezagospodarowane odpady gromadzone są na składowiskach powierzchniowych powodując degradację środowiska naturalnego poprzez zanieczyszczenie powietrza, gleby i wód powierzchniowych i podziemnych. Szczególnie uciążliwe dla środowiska są odpady niebezpieczne oraz wytworzone masowo, np. przez energetykę. W zależności od rodzaju spalane go węgla, technologii spalania i odsiarczania spalin popioły lotne są bardzo zróżnicowane pod względem składu chemicznego i mineralogicznego [1]. Dlatego też konieczne się staje opracowanie kierunków przemysłowego wykorzystania odpadów energetycznych poprzez prowadzenie szerokiej gamy badań różnych odpadów z wodą, z ewentualnymi dodatkami i środkami wiążącymi wspomagającymi podstawowe parametry fizykochemiczne.

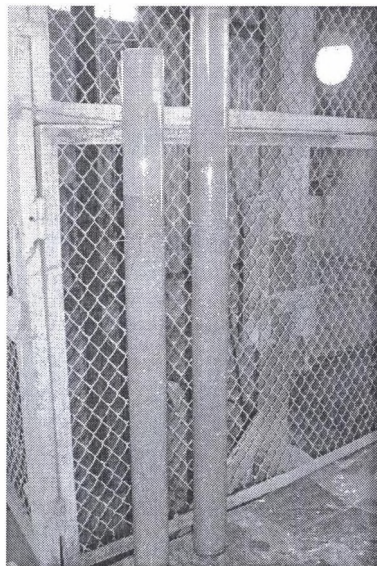
2. Metodyka i zakres badań

Zakresem badań własności mieszanin popiołowo-wodnych, jako materiałów wypełniających, objęto następujące parametry:

1. rozlewność,
2. czas wiązania,
3. nośność,
4. wytrzymałość graniczną na jednoosiowe ściskanie,
5. rozmakalność,
6. współczynnik filtracji,

które wykonano zgodnie z normą PN-G-11011:1998 [2]. Badane materiały sezonowano w komorze klimatyzacyjnej, w której panowała temperatura 25°C oraz wilgotność 95-98%.

Przeprowadzono również badania modelowe materiałów kompozytowych, konstrukcyjnych sporządzonych na bazie pewnego spoiwa oraz pewnego rodzaju popiołu lotnego. Modelowanie polegało na przepuszczaniu sporządzonych mieszanin kompozytowych przez kolumny wodne symulujące zawodnione wyrobiska górnicze, np. szyby (rys. 2.1). Badane materiały kompozytowe, konstrukcyjne sezonowano w środowisku wodnym. Zakresem badań, które prowadzono zgodnie z powyższą normą, objęto zmienność wytrzymałości granicznej na jednoosiowe ściskanie w czasie.



Rys. 2.1. Widok kolumn modelowych wypełnionych materiałem
Fig. 2.1. Model columns filled with a material

3. Charakterystyka materiałów użytych do badań

Do badań wykorzystano następujące rodzaje odpadów energetycznych pochodzących ze spalania węgla kamiennego w kotłach tradycyjnych oraz fluidalnych:

- popiół lotny bez produktów odsiarczania spalin z El. „Łaziska” i El. „Rybnik”,
- popiół lotny po pól suchym odsiarczaniu spalin z El. „Rybnik” i El. „Siersza”,
- popiół lotny z kotłów fluidalnych z El. „Jaworzno” i EC „Katowice”.

Wybrane popioły lotne reprezentują trzy podstawowe rodzaje odpadów powstających w energetyce.

Natomiast badania modelowe przeprowadzono dla następujących materiałów:

- spoiwa UTEX-15,
- popiołu po pól suchym odsiarczaniu spalin z El. „Rybnik”.

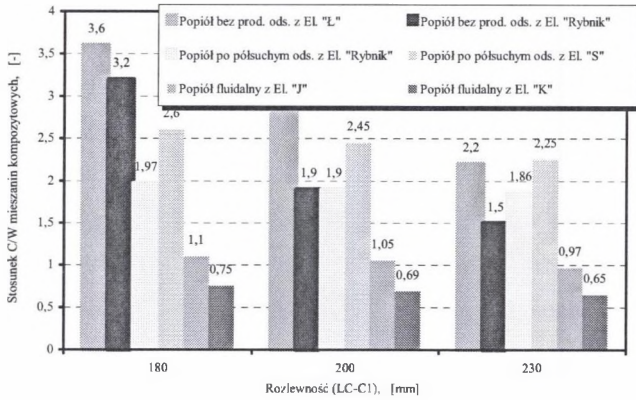
Jako dodatki modyfikujące materiały modelowane zastosowano:

- żużel z kotła fluidalnego z EC „Czechowice”,
- cement portlandzki CEM I.

4. Wyniki badań

4.1. Rozlewność

Wyniki badań rozlewności przedstawiono na rys. 4.1.

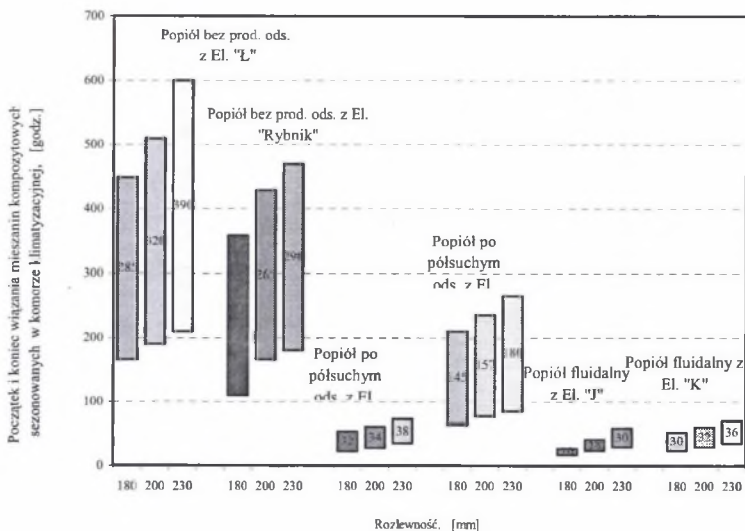


Rys. 4.1. Rozlewność badanych mieszanin

Fig. 4.1. Spill radius of tested slurries

4.2. Czas wiązania

Wyniki badań czasu wiązania przedstawiono na rys. 4.2.

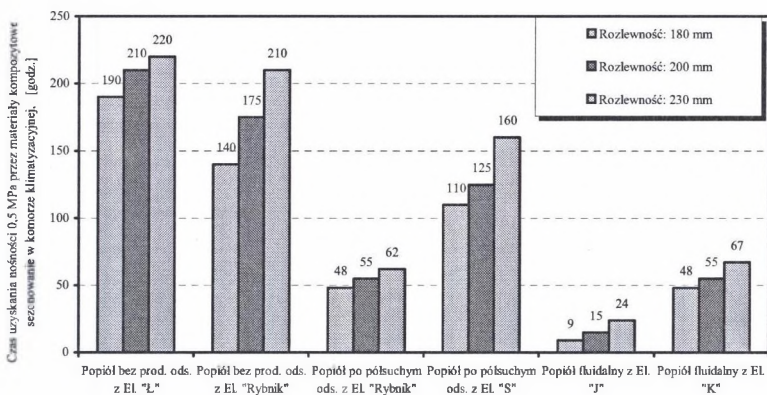


Rys. 4.2. Czas wiązania badanych mieszanin

Fig. 4.2. Binding time of tested slurries

4.3. Nośność

Wyniki badań nośności przedstawiono na rys. 4.3.

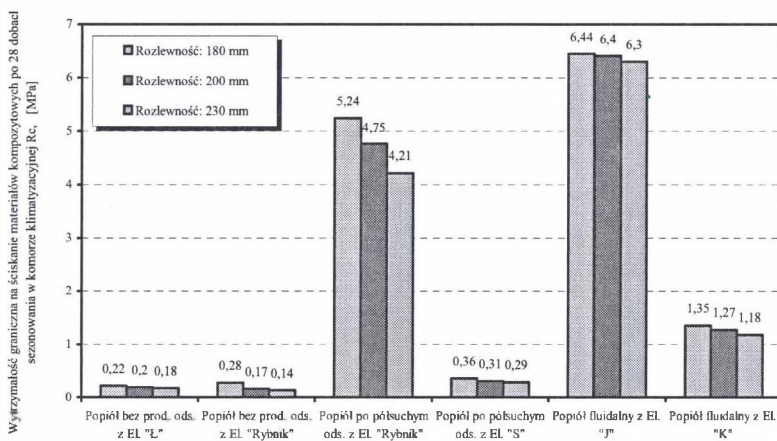


Rys. 4.3. Nośność badanych mieszanin

Fig.4.3. Load ability of tested slurries

4.4. Wytrzymałość graniczna na jednoosiowe ściskanie

Wyniki badań wytrzymałości granicznej na jednoosiowe ściskanie mieszanin sezonowanych 28 dni przedstawiono na rys. 4.4.

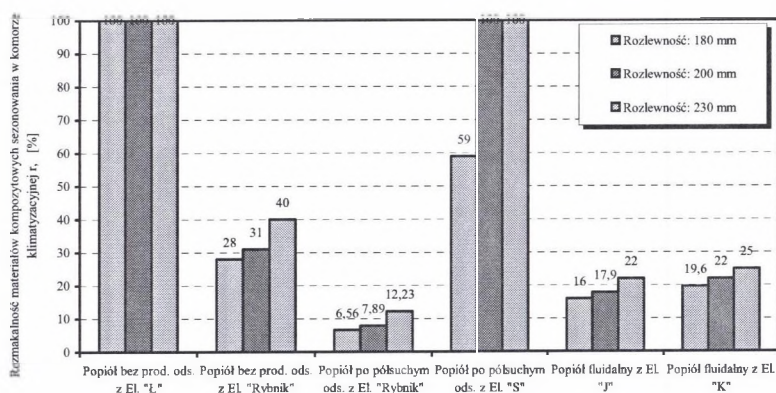


Rys. 4.4. Wytrzymałość graniczna na jednoosiowe ściskanie mieszanin po 28 dniach sezonowania ich w komorze klimatyzacyjnej

Fig. 4.4. Uniaxial compressive strength of slurries after 28 days of curing in a climatic chamber

4.5. Rozmakalność

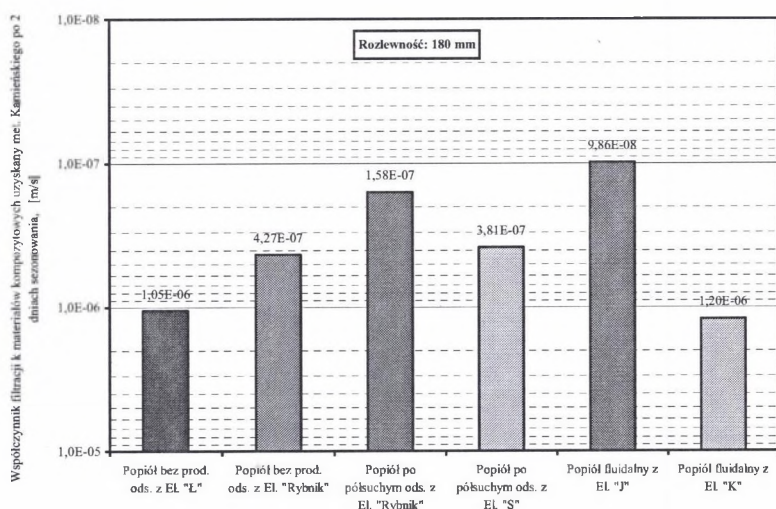
Wyniki badań rozmakalności przedstawiono na rys. 4.4.



Rys. 4.5. Rozmakalność badanych mieszanin
Fig. 4.5. Soak resistance of tested slurries

4.6. Współczynnik filtracji

Wyniki badań współczynnika filtracji mieszanin popiołowo-wodnych o rozlewności 180 mm przedstawiono na rys. 4.6.

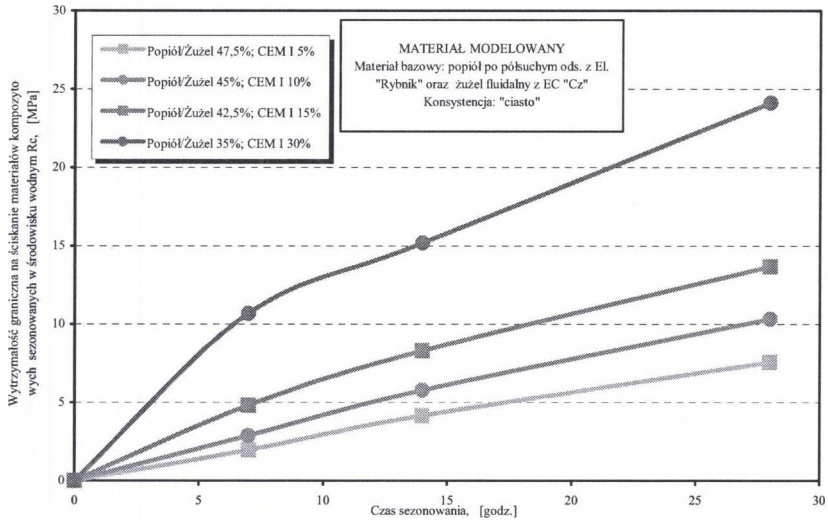


Rys. 4.6. Współczynnik filtracji badanych mieszanin popiołowo-wodnych o rozlewności 180 mm po 28 dniach sezonowania w komorze klimatyzacyjnej

Fig. 4.6. Filtration ratio of tested fly ash – waster slurries with spill radius equal to 180 mm, after 28 days of curing in a climatic chamber

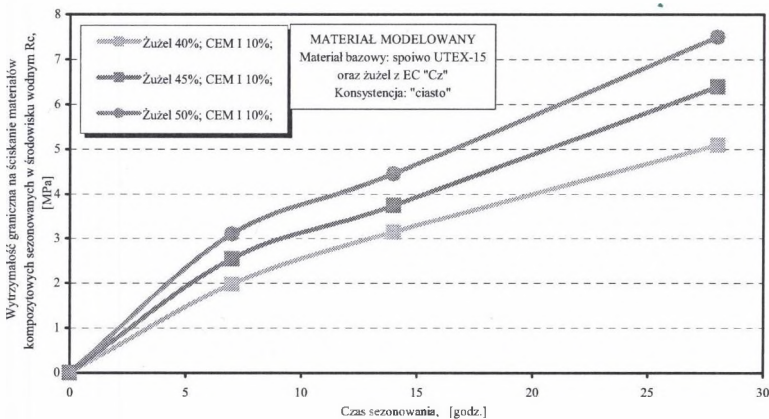
4.7. Wytrzymałość graniczna na jednoosiowe ściskanie materiałów modelowanych

Wyniki badań wytrzymałości granicznej na jednoosiowe ściskanie materiałów kompozytowych, konstrukcyjnych modelowanych przedstawiono na rys. 4.7 i 4.8.



Rys. 4.7. Zależność wytrzymałości granicznej na jednoosiowe ściskanie od czasu materiałów kompozytowych opartych na bazie popiołu po półsuchym odsiar. spalin z dodatkiem żużla sez. w śród. wodnym

Fig. 4.7. The influence of curing time (in wet conditions) on uniaxial compressive strength of composites made from a fly ash from a semi-dry desulphurization process with addition of slag



Rys. 4.8. Zależność wytrzymałości granicznej na jednoosiowe ściskanie od czasu materiałów kompozytowych opartych na spoiwach UTEX-15 z dodatkiem żużla sez. w śród. wodnym

Fig. 4.8. The influence of curing time (in wet conditions) on uniaxial compressive strength of composites made from a UTEX-15 binder with addition of slag

5. Podsumowanie

Na podstawie uzyskanych wyników badań można stwierdzić, że przede wszystkim rodzaj popiołu, a w mniejszym stopniu rozlewność determinują ich podstawowe parametry fizykomechaniczne i filtracyjne. Rozlewność charakteryzująca transportowalność mieszaniny w instalacji podsadzkowej oraz jej rozptył w gruzowisku zawałowym jest bardzo istotna z punktu widzenia praktycznego. Decyduje bowiem o stopniu zapełnienia gruzowiska zawałowego i spełnienia podstawowej funkcji – profilaktyki pożarowej i wentylacyjnej. W zakresie rozlewności 180-230 mm parametry badanych mieszanin zmieniały się następująco:

1. czas wiązania od 10 godz. (popiół fluidalny z El. „Jaworzno”) do 390 godz. (popiół bez prod. odsiarczania z El. „Łaziska”),
2. nośność charakteryzująca się czasem uzyskania wytrzymałości 0,5 MPa od 9 godz. (popiół fluidalny z El. „Jaworzno”) do 220 godz. (popiół bez prod. odsiarczania z El. „Łaziska”),
3. wytrzymałość graniczna na jednoosiowe ściskanie od 0,14 MPa popiół bez prod. odsiarczania z El. „Rybnik”) do 6,44 MPa (popiół fluidalny z El. „Jaworzno”),
4. rozmakalność od 6,56% (po pól suchym ods. spal. z El. „Rybnik”) do 100 % (popiół bez prod. odsiarczania z El. „Łaziska” oraz po pól suchym ods. spal. z El. „Siersza”),
5. współczynnik filtracji od $1,2 \cdot 10^{-6}$ m/s (popiół fluidalny z EC „Katowice”) do $9,9 \cdot 10^{-8}$ m/s (popiół fluidalny z El. „Jaworzno”).

Przeprowadzone badania materiałów kompozytowych, konstrukcyjnych modelowanych pozwalają stwierdzić, że wytrzymałość graniczna na jednoosiowe ściskanie po 28 dniach sezonowania ich w środowisku wodnym kształtowała się następująco:

1. opartych na bazie popiołu po pól suchym ods. spalin z El. „Rybnik” oraz żużla z EC „Czechowice” w zależności od ilości dodanego cementu w granicach od 7,6 MPa (5% CEM I) do 24,1 (30% CEM I),
2. opartych na bazie spoiwa UTEX-15 z dodatkiem 10% cementu w zależności od udziału żużla z EC „Czechowice” w granicach od 5,1 MPa (40%) do 7,5 MPa (50%).

LITERATURA

1. Plewa. F., Mysłek Z.: Zagospodarowanie odpadów przemysłowych w podziemnych technologiach górniczych. Wyd. Politechniki Śl., Gliwice 2001.
2. Polska Norma PN-G-11011. Materiały do podsadzki zestalonej i doszczelniania zrobów. Wymagania i badania.

Recenzent: Dr inż. Stanisław Reiser

Abstract

The paper presents selected results of research on the possibility of use of power generation waste in different mining technologies. The range of research covered: spill radius, binding time, load ability, uniaxial compressive strength, soak resistance, and filtration rate. All the tests have been made along the Polish Standard PN-G-11011:1998.

A model test of construction materials have been carried out also. The model test consisted on water filtration through a composite sample in a water column, which was supposed to simulate a flooded mining working, i.e. a shaft (see Fig. 2.1.).

Obtained results show that in the first place the type of the fly ash rather than the spill radius of a slurry determines general physical-mechanical and filtration properties of a composite. Within the range of spill radius between 180 and 230 mm the parameters of slurries have been changing as follows:

- The binding time was between 10 hours for a fluidization bed residue from “Jaworzno” power station, and 390 hours for a fly ash without desulphurization from “Łaziska” power plant, see Fig. 4.2.,
- Load ability that is described as a the time of seasoning after which the slurry is able to stand the pressure of 0,5 MPa kept the limits between 9 hours for a fluidization bed residue from “Jaworzno” power station, and 220 hours for a fly ash without desulphurization from “Łaziska” power plant, see Fig. 4.3.,
- Uniaxial compressive strength differed from 0,14 MPa for a fly ash without desulphurization from “Rybnik” power plant, up to 6,44 MPa for a fluidization bed residue from “Jaworzno” power station, see Fig. 4.4.,
- Soak resistance has been measured as equal from 6,56% for a fly ash from a semi-dry desulphurization process from “Łaziska” power plant, up to 100% for the both fly

ashes from “Łaziska” power plant without desulphurization and from “Siersza” power plant with a semi-dry desulphurization process, see the Fig. 4.5.,

- Filtration rate was changing between $1,2E10^{-6}$ m/s for a fluidization bed residue from “Katowice” heat and power plant, and $9,9E10^{-8}$ m/s for a fluidization bed residue from “Jaworzno” power plant, see Fig. 4.6.

The results of model test of construction composite materials allow to state that the uniaxial compressive strength after 28 days of seasoning in a water environment was changing as follows:

- For the composites being made from the fly ash from a semi-dry desulphurization process from “Rybnik” power plant and a slag from “Czechowice” heat and power station, in relation to the amount of cement being added – from 7,6 MPa (5% CEM I) up to 24,1 (30% CEM I), see the Fig. 4.7.,

For the composites being made from the UTEX-15 binder with addition of 10% cement, within the range from 5,1 MPa up to 7,5 MPa, in relation to the amount of a slag from “Czechowice” heat and power station equal to 40% and 50% respectively, see the Fig. 4.8.