

Franciszek PLEWA\*, Marcin POPCZYK\*\*, Piotr PIERZYNA\*\*

## Wykorzystanie UPS z kotłów fluidalnych do likwidacji szybów w górnictwie węgla kamiennego

**STRESZCZENIE.** W ostatnich latach w górnictwie podziemnym – w tym węgla kamiennego – stosowane są technologie górnicze wykorzystujące na szeroką skalę drobnofrakcyjne odpady energetyczne, a w szczególności popioły lotne. Jednym z kierunków wykorzystania tych odpadów jest likwidacja szybów. Likwidacja szybów jest zagadnieniem złożonym zwłaszcza w warunkach występujących zagrożeń wodnych i gazowych, a wybrany sposób likwidacji oraz dobór materiału wypełniającego rurę szybową zależy od stanu wyrobiska, jego wyposażenia, istniejących połączeń z wyrobiskami poziomymi oraz stopnia zawodnienia.

Znaczna liczba zakładów energetycznych oraz kilka istniejących metod odsiarczania powodują, że powstające masowo popioły lotne różnią się pod względem składu chemicznego oraz właściwości pucolanowych. Do jednych z nich należą popioły lotne pochodzące z procesu spalania w kotle fluidalnym. Wspomniana wcześniej duża zmienność właściwości fizycznych odpadów powoduje, że wykorzystanie popiołów lotnych w technologiach podziemnych wymaga bardzo starannego ich badania z uwagi na wymagane parametry. W artykule przedstawiono wyniki badań hydromieszanin sporządzonych na bazie popiołów lotnych z kotłów fluidalnych czterech wybranych zakładów energetycznych spalających węgiel kamienny i brunatny. Na podstawie tych badań dokonano oceny przydatności hydromieszanin sporządzonych na bazie wyżej wymienionych popiołów lotnych do likwidacji szybów w warunkach górnictwa węgla kamiennego.

**SŁOWA KLUCZOWE:** górnictwo, likwidacja wyrobisk, zagospodarowanie UPS, ochrona środowiska

---

\* Prof. dr hab. inż., \*\* Dr inż. – Politechnika Śląska, Wydział Górnictwa i Geologii, Gliwice.

## Wprowadzenie

Likwidacja szybów górniczych jest zagadnieniem złożonym zwłaszcza w warunkach występujących zagrożeń wodnych i gazowych. Sposób likwidacji szybu oraz dobór materiału zasypowego zależy od stanu wyrobiska, jego wyposażenia, istniejących połączeń z wyrobiskami poziomymi oraz stopnia zawodnienia.

W przypadku likwidacji szybu częściowo wypełnionego wodą, podstawowe znaczenia posiada dobór właściwego rodzaju materiału zasypowego. Materiał zasypowy drobnoziarnisty lub mieszanina tych materiałów powinna wykazywać zdolność do zestalania w ośrodku wodnym, a po zestaleniu posiadać odporność na rozmakanie lub wtórne upłynienie. Zestalony materiał zasypowy powinien ponadto wykazywać dostateczną stateczność wynikającą z obciążeń kolejnymi porcjami materiału zasypowego wprowadzanego do szybu [1, 3, 4].

W niniejszym artykule zostaną przedstawione wyniki badań laboratoryjnych nad możliwością wykorzystania do likwidacji szybów popiołów lotnych z kotłów fluidalnych.

### 1. Ogólne zasady doboru materiałów zasypowych stosowanych do likwidacji szybów

Likwidację szybu można wykonać poprzez [1, 3, 7]:

- ✧ wypełnienie sypkim materiałem niezawodnionym,
- ✧ wypełnienie sypkim materiałem zawodnionym,
- ✧ wypełnienie z wykorzystaniem hydraulicznie działającego lepiszcza (tj. z materiałem wiążącym),
- ✧ wypełnienie w sposób kombinowany, obejmujący wyżej wymienione sposoby.

Materiał używany do zasypywania szybów winien posiadać maksymalną wielkość ziarna wynoszącą do 250 mm. Duże okruchy materiału wypełniacza wrywają dźwigary w szybie, osłabiając tym samym obudowę i zwiększają niebezpieczeństwo zatkania szybu elementami zbrojenia, powodując równocześnie niedokładne wypełnienie szybu.

Szczególnego wyboru materiału wypełniającego należy dokonać w przypadku możliwości występowania zagrożenia metanowego. W takim przypadku nie powinno się wprowadzać materiału do szybu bezpośrednio z samochodów transportowych ponieważ, materiał ziarnisty – także wilgotny – powoduje iskrzenie cieerne.

W szybach, w których istnieje niebezpieczeństwo powstania mieszanki wybuchowej, nie należy stosować do wypełniania kwarcytów i skał o podobnych właściwościach, powodujących iskrzenie cieerne przy uderzeniu w metalowe części obudowy szybu. W materiałach podsadzkowych nie może z tych samych przyczyn występować także stal, żelazo, aluminium, magnez i stopy tych metali.

Szczególną uwagę należy zwracać na stabilność kolumny zasypowej w miejscu przecięcia szybu z wyrobiskami na poszczególnych poziomach. Istnieje również zależność wyboru materiału wypełniającego od wymogów przepuszczalności gazów. Nie ma materiałów, które byłyby absolutnie nieprzepuszczalne dla gazów. W zależności od wymagań wobec przepuszczalności dla gazów należy stosować odpowiednie wypełniacze hydrauliczne [1, 3, 6, 7].

Materiały stosowane do likwidacji szybów i wyrobisk towarzyszących winny charakteryzować się następującymi właściwościami:

- ✧ stosowane powinny być materiały niepalne,
- ✧ nie powinny istotnie zmieniać swoich właściwości fizycznych i chemicznych po wprowadzeniu do rury szybowej,
- ✧ nie powinny ulegać wtórnemu upłynnieniu w przypadku zawodnienia słupa zasypowego,
- ✧ właściwości filtracyjne zastosowanego materiału nie powinny się istotnie zmieniać w czasie oraz w trakcie nawodnienia słupa zasypowego,
- ✧ w warunkach kontaktu ze środowiskiem wodnym z zastosowanych materiałów nie powinny się ługować substancje toksyczne szkodzące środowisku przyrodniczemu,
- ✧ granulacje i właściwości wytrzymałościowe materiału zasypowego winny zapewnić stabilność słupa zasypowego.

## 2. Porównawcze wyniki badań hydromieszanin sporządzonych na bazie popiołów z kotłów fluidalnych

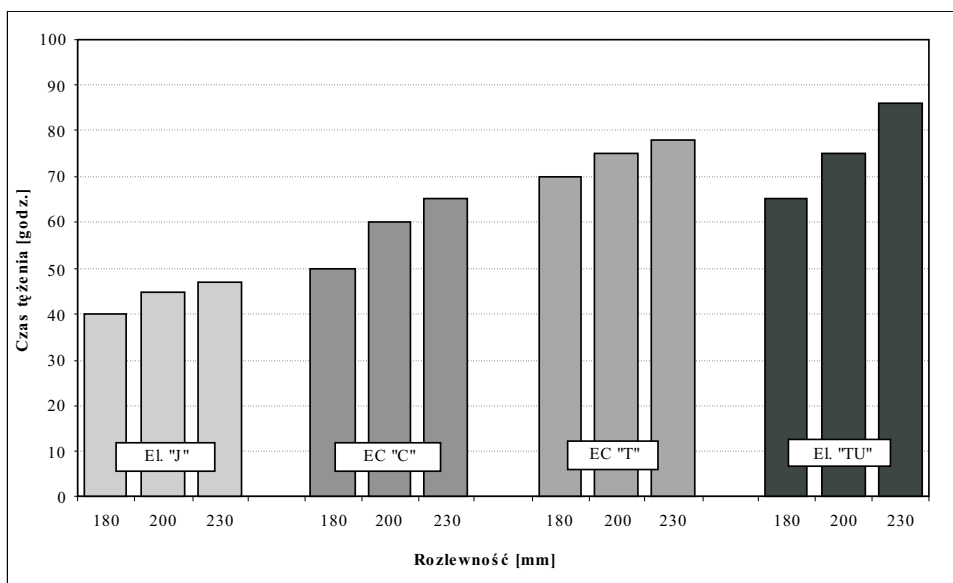
Poniżej przedstawiono wybrane wyniki badań hydromieszanin sporządzonych na bazie popiołów pochodzących z kotłów fluidalnych pobranych z:

- ✧ Elektrowni J,
- ✧ Elektrociepłowni C,
- ✧ Elektrociepłowni T,
- ✧ Elektrowni TU.
- ✧ Elektrownia J oraz Elektrociepłownie C, i T spalają węgiel kamienny natomiast Elektrownia TU węgiel brunatny.

Wyniki badań czasu tężenia mieszanin popiołowo-wodnych sporządzonych na bazie popiołów z kotłów fluidalnych przedstawiono na rysunku 1. Z przeprowadzonych badań wynika, że wraz ze wzrostem rozlewności mieszaniny jej czas tężenia rośnie. Dla poszczególnych rozlewności czasy tężenia wynoszą:

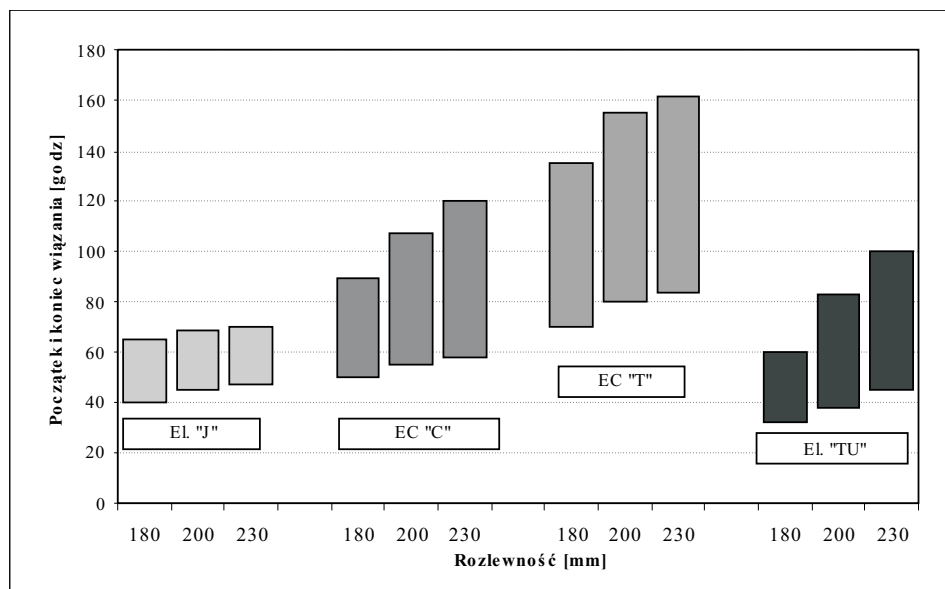
- ✧ dla rozlewności 180 mm od 40 do 70 godz.,
- ✧ dla rozlewności 200 mm od 45 do 75 godz.,
- ✧ dla rozlewności 230 mm od 48 do 85 godz.

Z analizy wyników badań czasów wiązania wynika, że wraz ze wzrostem rozlewności mieszaniny czas początku i końca wiązania wydłuża się (rys. 2). W zależności od po-



Rys. 1. Zmienność czasów tężenia hydromieszanin na bazie popiołów z kotłów fluidalnych w zależności od rozlewności

Fig. 1. Time of solidifying of fly ash water slurries made of ashes with fluid boilers

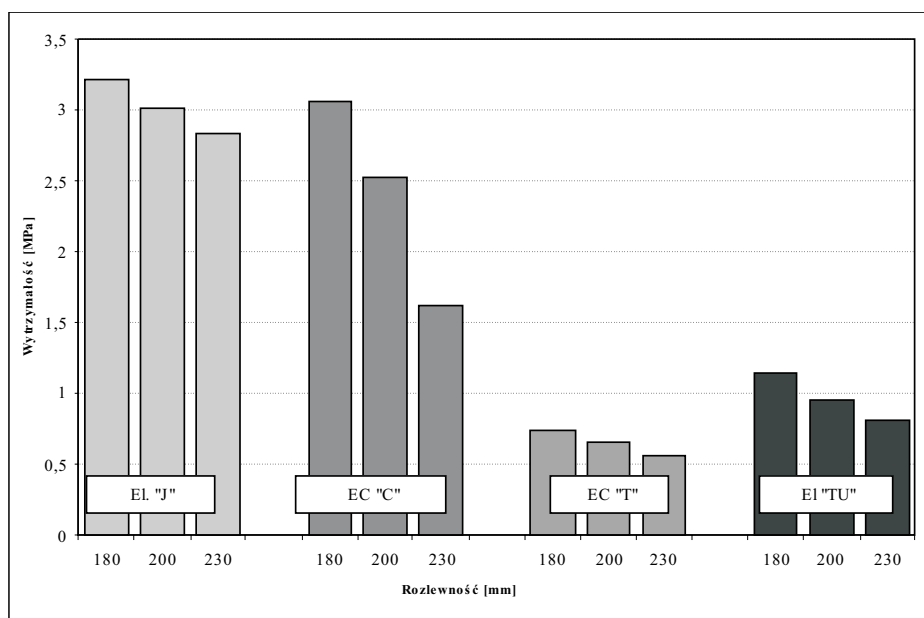


Rys. 2. Zmienność czasu wiązania hydromieszanin na bazie popiołów z kotłów fluidalnych w zależności od rozlewności

Fig. 2. Start and finally time of binding of fly ash water slurries made of ashes with fluid boilers

chodzenia popiołu, czasy wiązania wynosiły odpowiednio: dla popiołu z El. J – początek wiązania 40–47 godz., koniec 65–70 godz.; dla popiołu z EC T – początek wiązania 50–58 godz., koniec 90–120 godz.; dla popiołu z EC C – początek wiązania 70–84 godz., koniec 135–172 godz.; natomiast dla popiołu z El. TU – początek wiązania 32–45 godz., koniec 60–100 godz.

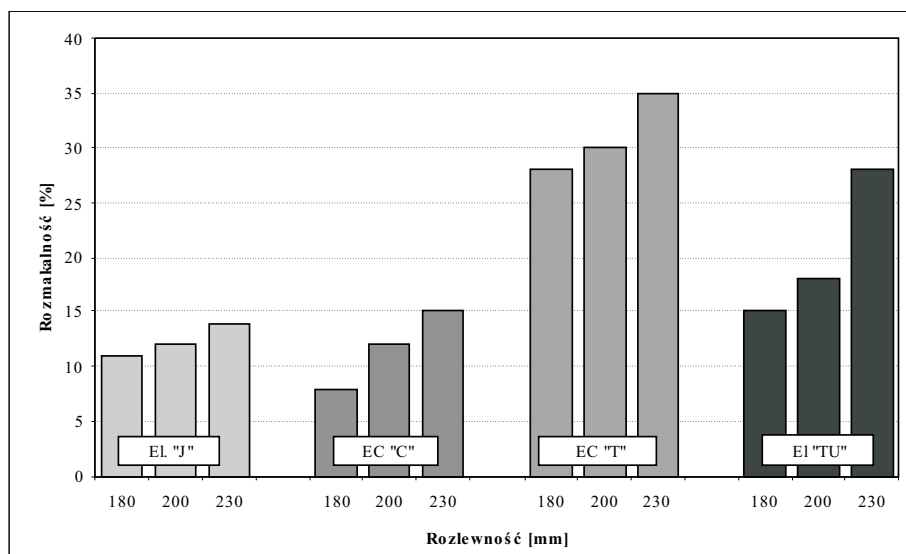
Wyniki badań doraźnej wytrzymałości na jednoosiowe ściskanie mieszanin popiołowo-wodnych, sporządzonych na bazie popiołów fluidalnych, po 28 dniach sezonowania w komorze klimatycznej, przedstawiono na rysunku 3. Z analizy przeprowadzonych badań wynika, że mieszaniny popiołowo-wodne sporządzone na bazie popiołów fluidalnych charakteryzują się zróżnicowanymi wartościami wytrzymałościowymi w zależności od pochodzenia popiołu. Najniższymi wytrzymałościami charakteryzują się hydromieszanki sporządzone na bazie popiołu fluidalnego z EC T.



Rys. 3. Zmienność wytrzymałości na jednoosiowe ściskanie hydromieszanin na bazie popiołów z kotłów fluidalnych w zależności od rozlewności

Fig. 3. Compressive strength of fly ash water slurries after 28 days made of ashes with fluid boilers

Jak wynika z analizy wyników przeprowadzonych badań rozmakalności (rys. 4) wszystkie mieszaniny poddane powtórnemu działaniu wody wykazują spadek wytrzymałości na jednoosiowe ściskanie. Najniższe wartości rozmakalności poniżej 15% wykazały hydromieszanki sporządzone z popiołów z El. J i C. Największe rozmakalności w zakresie od 28 do 35% charakteryzowały hydromieszanki z EC T.



Rys. 4. Zmienność rozmakalności hydromieszanin na bazie popiołów z kotłów fluidalnych w zależności od rozlewności

Fig. 4. Soak resistance of fly ash water slurries made of ashes with fluid boilers

## Podsumowanie

Analizując wyniki badań hydromieszanin sporządzonych na bazie drobnoziarnistych odpadów energetycznych pochodzących z kotłów fluidalnych należy stwierdzić, że: hydromieszaniny sporządzone na ich bazie posiadają czasy zakończenia procesu wiązania w zakresie od 60 do około 172 godzin, maksymalną wytrzymałość na jednoosiowe ściskanie do 3,2 MPa oraz rozmakalność zmieniającą się od 8 do 32%.

Zaprezentowane wyniki badań wybranych parametrów świadczą o dużej zmienności właściwości popiołów pochodzących z podobnych procesów spalania i odsiarczania (taki sam kod odpadu) w zależności od elektrowni.

Przedstawione wyniki badań właściwości fizykomechanicznych hydromieszanin sporządzonych na bazie popiołu z kotła fluidalnego El. TU powstałego po spaleniu węgla brunatnego pokazały, że nie odbiegają one w sposób znaczący od właściwości popiołów uzyskanych po spaleniu węgla kamiennego.

Biorąc pod uwagę bardzo długi czas zakończenia procesu wiązania w badanych mieszaninach należy stwierdzić, że wprowadzenie do rury szybowej następnej warstwy może spowodować przerwanie procesu wiązania warstwy poprzedniej, co może doprowadzić do istotnego obniżenia jej parametrów mechanicznych. Po wykonaniu kilkumetrowej warstwy wypełniającej należałoby zrobić kilkudniową przerwę dla trwałego związania materiału celem umożliwienia przeniesienia obciążenia dynamicznego od następnej wprowadzanej warstwy. Bardzo istotny wpływ na wartości badanych parametrów ma dopływ wody do

szybu, przedstawiony jako badanie rozmakalności. Duża rozmakalność badanych materiałów mierzona jako utrata wytrzymałości po jednodniowym moczeniu próbki w wodzie wskazuje, że może dojść do utraty stateczności zasypu i jego przemieszczenia. Przy niskiej wytrzymałości zasypu i ewentualnych drganiach oraz wstrząsach górotworu może również wystąpić przemieszczenie się kolumny zasypowej, powodując zniszczenie tam oporowych i obudowy szybu, a w konsekwencji powstanie zapadliska na powierzchni terenu.

Z przeprowadzonych badań wynika również, że duża ilość wody zarobowej (duża rozlewność) bardzo istotnie zmniejsza parametry badanych mieszanin (przykładowo wzrost rozlewności dla mieszanin z popiołu EC. C ze 180 do 230 mm powoduje spadek wytrzymałości z 3,1 MPa do 1,6 MPa oraz wydłuża koniec wiązania z 90 do 120 godz.). Dlatego nie należy rekomendować likwidacji szybu zatopionego samymi popiołami, ponieważ uzyskane parametry mechaniczne będą bardzo niskie, nie gwarantujące stateczności zasypu w przypadku wtórnego dopływu wody. Przedsiębiorcy – chcąc ograniczyć koszty likwidacji szybów – bardzo często sięgają po materiały odpadowe, np. popioły lotne, uzasadniając ich stosowanie pochodzeniem z procesu odsiarczania i bardzo dobrymi właściwościami mechanicznymi. Większość jednak nie posiada wiedzy na temat bardzo dużej zmienności właściwości dostarczanych popiołów z poszczególnych elektrowni. Dlatego też należy uczulić Urzędy Górnicze, aby na pierwszym miejscu stawiano bezpieczeństwo publiczne, a nie koszty likwidacji. Popioły lotne o bardzo dobrych parametrach można rekomendować jako wypełniacze zasypu kamiennego.

## Literatura

- [1] PLEWA F., MYSŁEK Z., 2001 – Zagospodarowanie odpadów przemysłowych w podziemnych technologiach górniczych. Monografia, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice.
- [2] PLEWA F., POPCZYK M., MYSŁEK Z., 2007 – Rodzaj produktów wytwarzanych w energetyce zawodowej i możliwość ich wykorzystania w podziemnych technologiach górniczych. XXI Konferencja: Zagadnienia surowców energetycznych i energii w gospodarce krajowej pt. Paliwa dla energetyki – rynki i technologie. Zakopane, 7–10 października 2007, Polityka Energetyczna t. 10, z. spec. 2, Wyd. IGSMiE PAN, Kraków.
- [3] PALARSKI J., PLEWA F., POPCZYK M., 2007 – Możliwości określania własności mieszanin zestalających stosowanych w podziemnych technologiach górniczych na podstawie rozlewności. Konferencja IV Warsztaty: Popioły lotne i spoiwa mineralne w technologiach górniczych. Wisła, 14-15 czerwca.
- [4] PLEWA F., POPCZYK M., MYSŁEK Z., 2006 – Możliwości wykorzystania w technologiach górniczych popiołów lotnych z pochodzących z kotłów fluidalnych na przykładzie wybranych elektrowni. Konferencja: Górnictwo zrównoważonego rozwoju' 2006. Zeszyty Naukowe Pol. Śl. Seria Górnictwo nr 274, Gliwice, Wyd. Politechniki Śląskiej.
- [5] PLEWA F., PIERZYNA P., 2005 – Materiały wypełniające i konstrukcyjne stosowane w górnictwie podziemnym oparte na bazie odpadów energetycznych w świetle badań i doświadczeń własnych. XII Międzynarodowe Sympozjum „Geotechnika 2005”, Gliwice-Ustroń.
- [6] PLEWA F., KLETA H., PIERZYNA P., 2005 – Modyfikowane materiały zestalające oparte na bazie odpadów energetycznych służące do likwidacji wyrobisk zawodnionych. Konferencja pt. Beton

i spoiwa mineralno-cementowe w górnictwie podziemnym. XXXI Dni Techniki ROP 2005, Wyd. SiTG, Jastrzębie Zdrój.

- [7] PALARSKI J., PLEWA F., PIERZYNA P., ZAJĄC A., 2005 – Właściwości zawiesin z materiałów odpadowych z dodatkiem środka wiążącego w aspekcie możliwości ich wykorzystania do likwidacji zawodnionych szybów. Kwartalnik Górnictwo i Geoinżynieria, Wyd. AGH, nr 4, Kraków.

Franciszek PLEWA, Marcin POPCZYK, Piotr PIERZYNA

## Use of fluidized bed boilers UPS to eliminate the shafts in coal mining

### Abstract

Removal of mine shafts is a complex issue especially in terms of existing threats of water and gas. Method of winding shaft and the choice of material depends on the hopper of the excavation, its equipment, the existing horizontal connections to the pits and the extent of inflow. In the event of liquidation of the shaft, partially filled with water has a fundamental importance of proper selection of the type of material hopper. Skip and fine material, or combination of these materials should demonstrate the ability to solidify the aqueous medium, and after solidification have a soak resistance to or re-liquefaction. Skip and solidified material should also exhibit sufficient stability of the burden resulting from successive portions of the material entering the hopper shaft. This paper will be presented the results of laboratory tests on the potential use of fly ash from fluidized bed boilers to eliminate the shaft.

The choice of fill material is related to the stability of the column filling feeder point of intersection of the shaft of the excavations on different levels. There is also a dependence on the choice of fill material requirements for gas permeability. There is no material that would be absolutely impervious to gases. With the increased demands that the permeability to gases, choose a filler with an effective hydraulic binder. The paper presents the results of selected physical and mechanical properties of mixtures of fly ash-based water drawn from the ashes taken from the fluidized bed boilers burning coal plants: Plant "J", Power Plants, "C" Power Station "T" and burning brown coal: the Power "TU".

KEY WORDS: mining, excavation liquidation, UPS management, environmental protection