

Franciszek PLEWA, Aneta KRÓL
Politechnika Śląska, Gliwice

MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA DROBNOZIARNISTYCH ODPADÓW PRZEMYSŁOWYCH W PODZIEMNYCH TECHNOLOGIACH GÓRNICZYCH W OPARCIU O DOŚWIADCZENIA Z ELEKTROWNI „ŁAZISKA” I „CZECHOWICE”

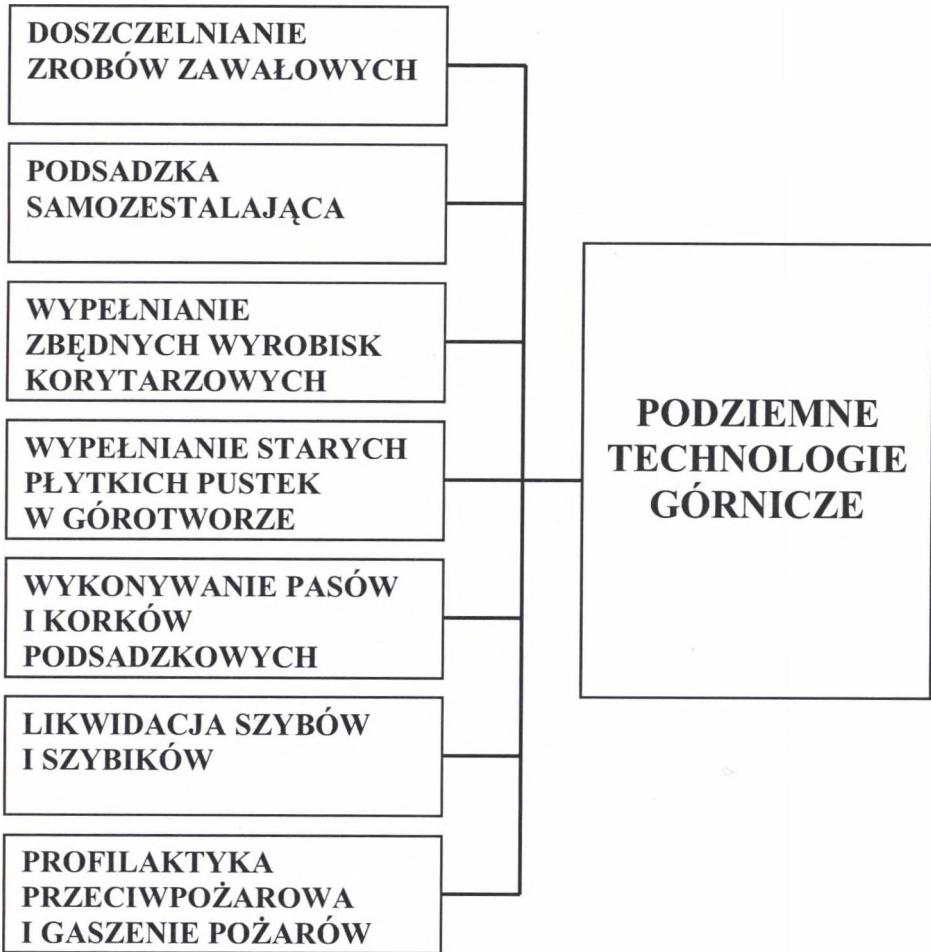
Streszczenie. Jedną z najbardziej efektywnych i ekologicznych metod zagospodarowania odpadów przemysłowych jest ich lokowanie w podziemnych wyrobiskach górniczych w ramach tzw. przemysłowego wykorzystania. W artykule przedstawiono wyniki badań laboratoryjnych wpływu żużla dennego i cementu na własności fizykomechaniczne mieszanin popiołowo-wodnych stosowanych w górnictwie podziemnym.

UTILISATION OF FINE-GRAINED INDUSTRIAL WASTE IN UNDERGROUND MINING TECHNOLOGIES

Summary. One of the best effective and ecological methods of industrial waste utilization is their deposition in underground mining workings within the principle of so called industrial application. The paper presents results of laboratory tests of influence of slag and cement on physical-mechanical properties of fly ash-water mixtures used in underground mining.

1. Wprowadzenie

Zagospodarowanie odpadów przemysłowych, w szczególności górniczych i energetycznych, przez ich lokowanie w podziemnych wyrobiskach górniczych oraz wykorzystywanie w technologiach górniczych należy uznać za jedną z lepszych metod ich utylizacji. W ostatnich latach opracowano wiele podziemnych technologii górniczych, pozwalających zagospodarowywać głównie odpady drobnofrakcyjne, takie jak popioły lotne. Schemat podziemnych technologii górniczych przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Podział podziemnych technologii górniczych
 Fig. 1. Division of underground mining technologies

Aktualnie w podziemnych technologiach górniczych zagospodarowuje się około 4 mln odpadów energetycznych w postaci ich mieszanin z wodą. Mieszaniny popiołowo-wodne sporządzone na bazie tych odpadów mają różne własności fizykomechaniczne, które w dużym stopniu decydują o możliwości ich zastosowania w danej technologii górniczej [1, 2, 3].

W artykule zostaną przedstawione i przeanalizowane wyniki badań laboratoryjnych wpływu dodawania żużla dennego oraz cementu na własności fizykomechaniczne hydromieszanin pod kątem możliwości ich wykorzystania w podziemnych technologiach górniczych.

2. Charakterystyka materiałów użytych do badań

Do badań wpływu żużła dennego i cementu na własności fizykomechaniczne hydromieszanin użyto popiołów lotnych zróżnicowanych pod względem sposobów spalania oraz stosowanych metod odsiarczania spalin.

W badaniach wykorzystano następujące materiały:

- popiół lotny ze spalania fluidalnego z Elektrowni „CZECHOWICE”,
- popiół lotny z produktami półsuchego odsiarczania spalin z Elektrowni „ŁAZISKA”,
- żużel denny z Elektrociepłowni „CZECHOWICE”,
- cement marki 42,5.

Jako wodę zarobową wykorzystano wodę wodociągową. Udział żużła dennego w badanych mieszaninach popiołowo-wodnych wynosił 30%, natomiast cement do tych hydromieszanin dodawany był w ilości 10%.

3. Zakres badań

Badaniami laboratoryjnymi własności fizykomechanicznych mieszanin drobnziarnistych wytwarzanych na bazie badanych popiołów lotnych pod kątem ich przydatności do wykorzystania w podziemnych technologiach górniczych objęto następujące parametry:

- nośność,
- czas wiązania,
- wytrzymałość na jednoosiowe ściskanie,
- rozmakalność.

Badania własności mieszanin popiołowo-wodnych, popiołowo-żużłowo-wodnych oraz popiołowo-żużłowo-wodnych z dodatkiem cementu przeprowadzono zgodnie z normą PN-G-11011:1998.

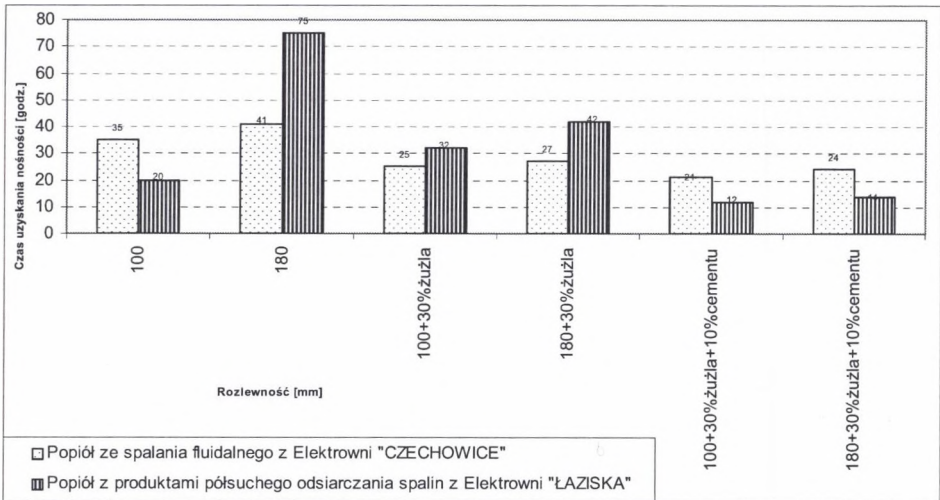
Próbki badanych mieszanin sezonowano w komorze klimatyzacyjnej LTB 650 RV w celu odwzorowania warunków klimatycznych występujących w górnictwie podziemnym. Próbki sezonowano w temperaturze 25°C przy wilgotności wynoszącej ok. 100%.

Do badań własności fizykomechanicznych sporządzono mieszaniny charakteryzujące się rozlewnością (mierzoną kubkiem Forda) 100 mm i 180 mm.

4. Badania własności fizykomechanicznych badanych hydromieszanin

4.1. Badanie nośności

Nośność określa zdolność do przenoszenia obciążeń w początkowym okresie zestalania mieszaniny drobnoziarnistej. Im krótszy czas uzyskania wymaganej nośności, tym lepsze własności podpomościowe stosowanej mieszaniny. Wyniki badań czasu uzyskania nośności 0,5 MPa badanych mieszanin przedstawiono na rysunku 2.

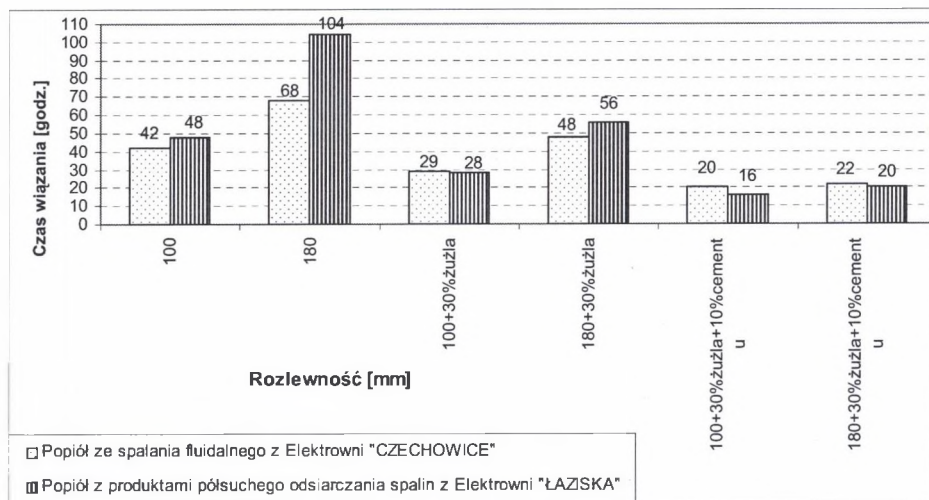


Rys. 2. Zależność czasu uzyskania nośności 0,5 MPa od rodzaju badanych mieszanin

Fig. 2. The relation of time of obtainment the load capability 0,5 MPa from sort of studied mixtures

4.2. Badanie czasu wiązania

Czas wiązania mieszaniny drobnoziarnistej decyduje o postępie frontu eksploatacyjnego, stosowanych środkach mechanizacji i konstrukcji tam podsadzkowych. Czas wiązania mieszanin powinien być tak dobrany, aby nie hamował postępu robót eksploatacyjnych, a równocześnie nie stwarzał trudności transportowych i technologicznych. Wyniki badań przebiegu procesu wiązania badanych mieszanin przedstawiono na rysunku 3.

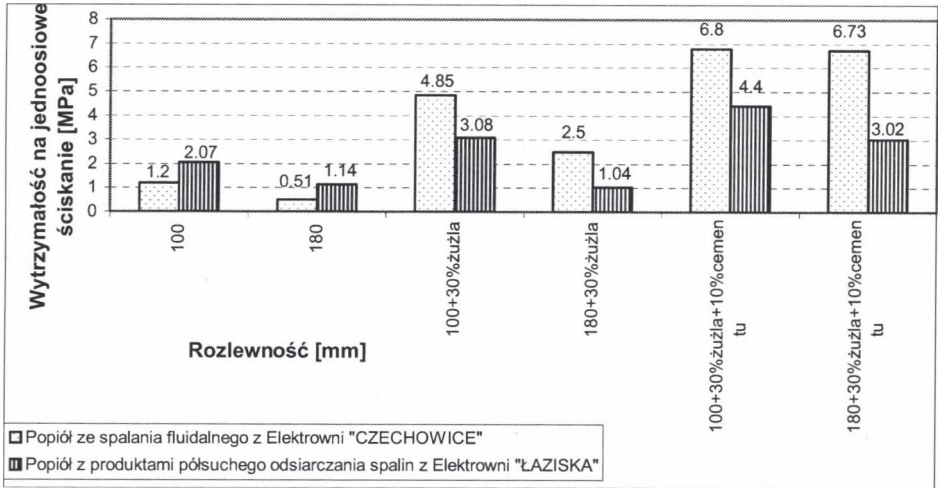


Rys. 3. Przebieg procesu wiązania w zależności od rodzaju badanych mieszanin

Fig. 3. The course of process the binding in relation from sort of studied mixtures

4.3. Badanie wytrzymałości na jednoosiowe ściskanie

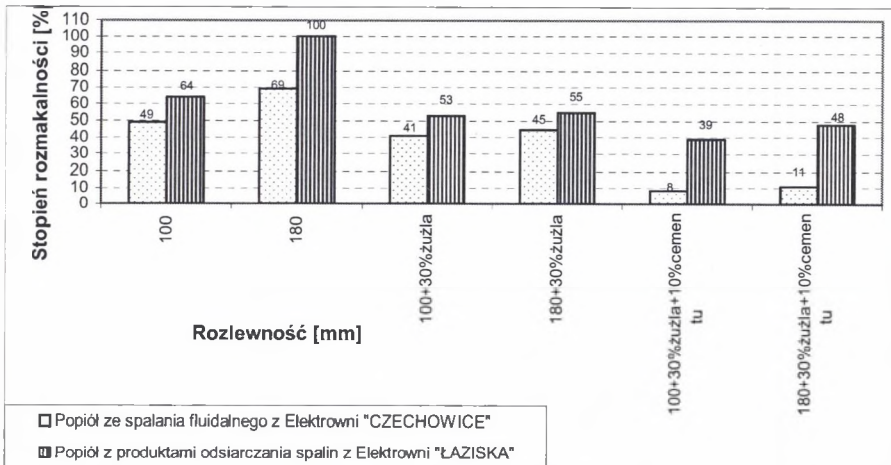
Wytrzymałość na jednoosiowe ściskanie jest parametrem decydującym o przydatności mieszaniny drobnoziarnistej w poszczególnych technologiach. Wysoką wytrzymałością na ściskanie powinny charakteryzować się mieszaniny stosowane w podsadzce samozestalącej, zwłaszcza przy wybieraniu pokładu grubego z podziałem na warstwy i kolejności wybierania z góry w dół, kiedy to zestalona podsadzka stanowi sztuczny strop dla warstwy niższej oraz przy wykonywaniu pasów podporowych służących np. do ochrony chodników. Wyniki badań wytrzymałości na jednoosiowe ściskanie badanych mieszanin przedstawiono na rysunku 4.



Rys. 4. Zależność zmiany wytrzymałości na jednoosiowe ściskanie w zależności od rodzaju badanych mieszanin
 Fig. 4. The relation of change of compressive strength in relation from sort of studied mixtures

4.4. Badanie rozmakalności

Rozmakalność mieszanin drobnziarnistych to odporność na powtórne upłynnienie w kontakcie z wodami kopalnianymi. Ze względu na bezpieczeństwo, materiały które charakteryzują się brakiem odporności na rozmakanie, mają bardzo ograniczone stosowanie w podziemnych technologiach górniczych. Wyniki badań rozmakalności badanych mieszanin przedstawiono na rysunku 5.



Rys. 5. Zależność zmian stopnia rozmakalności w zależności od rodzaju badanych mieszanin
 Fig. 5. The relation of changes of measure the soak resistance in relation from sort of studied mixtures

5. Analiza otrzymanych wyników badań

5.1. Analiza wyników badań nośności

Na podstawie przeprowadzonych badań nośności wynika, że badane mieszaniny w zależności od rodzaju popiołu lotnego, stosunku części stałych do wody oraz dodatku żużla dennego i cementu uzyskiwały nośność 0,5 MPa pomiędzy 12 a 75 godziną sezonowania. Najdłuższym czasem uzyskania wymaganej normą nośności 0,5 MPa, wynoszącym 75 godzin, charakteryzuje się mieszanina popiołowo-wodna o rozlewności 180 mm, sporządzona na bazie popiołu z produktami półsuchego odsiarczenia spalin z Elektrowni „ŁAZISKA”.

Z kolei najkrótszym czasem uzyskania wymaganej nośności, równym 12 godzin, wykazała się hydromieszanina sporządzona na bazie tego samego popiołu o rozlewności 100 mm z dodatkiem żużla dennego wynoszącym 30% oraz cementu w ilości 10%. Udział żużla dennego w ilości 30% w badanych hydromieszaninach spowodował skrócenie czasu uzyskania żądanej nośności z 75 godzin do 20 godzin (jedynie w przypadku mieszaniny sporządzonej na bazie popiołu lotnego z produktami półsuchego odsiarczenia spalin z Elektrowni „ŁAZISKA” o rozlewności 100 mm dodatek żużla spowodował wzrost czasu uzyskania nośności 0,5 MPa z 20 do 32 godzin). Dodanie cementu w ilości 10% do badanych mieszanin popiołowo-żużlowo-wodnych spowodowało skrócenie tego czasu do 12 godzin w mieszaninie o rozlewności 100 mm i do 14 godzin w mieszaninie o rozlewności 180 mm.

5.2. Analiza wyników badań czasu wiązania

Z przeprowadzonych wyników badań przebiegu procesu wiązania wynika, że czas wiązania badanych mieszanin w zależności od rodzaju popiołu lotnego, stosunku części stałych do wody oraz dodatku żużla dennego i cementu zmieniał się od 16 do 104 godzin. Czas wiązania dla mieszanin popiołowo-wodnych sporządzonych na bazie popiołu lotnego ze spalania fluidalnego z Elektrowni „CZECHOWICE” wynosił od 42 do 68 godzin, natomiast czas wiązania dla mieszanin sporządzonych na bazie popiołu z produktami półsuchego odsiarczenia spalin z Elektrowni „ŁAZISKA” wynosił od 48 do 104 godzin.

Udział żużla w badanych hydromieszaninach w ilości 30% spowodował skrócenie czasu wiązania. Czas wiązania mieszanin popiołowo-żużlowo-wodnych wynosił od 29 do 48 godzin dla mieszanin sporządzonych na bazie popiołu ze spalania fluidalnego z Elektrowni „CZECHOWICE” i od 28 do 56 godzin dla mieszanin wykonanych z popiołu z produktami półsuchego odsiarczenia spalin z Elektrowni „ŁAZISKA”.

Dodatek cementu w ilości 10% do mieszanin popiołowo-żużlowo-wodnych skrócił czas wiązania do 20 godzin w przypadku mieszanin wykonanych z popiołu lotnego z Elektrowni „CZECHOWICE” oraz do 16 godzin w przypadku mieszanin wykonanych z popiołu Elektrowni „ŁAZISKA”.

5.3. Analiza wyników badań wytrzymałości na jednoosiowe ściskanie

Z wyników badań wytrzymałości na jednoosiowe ściskanie wynika, że wytrzymałość mieszanin popiołowo-wodnych po 28 dniach sezonowania w komorze klimatyzacyjnej, w warunkach zbliżonych do kopalnianych, w zależności od rodzaju popiołu lotnego oraz stosunku części stałych do wody zmieniała się od 0,51 MPa do 2,07 MPa. Najwyższą wytrzymałością charakteryzowała się mieszanina popiołowo-wodna wytwarzana z popiołu lotnego z produktami pól suchego odsiarczania spalin z Elektrowni „ŁAZISKA” o rozlewności 100 mm, a najniższą mieszanina wytwarzana z popiołu ze spalania fluidalnego z Elektrowni „CZECHOWICE” o rozlewności 180 mm.

Udział 30% żużła dennego w badanych hydromieszaninach spowodował wzrost wytrzymałości na jednoosiowe ściskanie. Wytrzymałość mieszanin popiołowo-żużlowo-wodnych w zależności od rodzaju popiołu lotnego oraz stosunku części stałych do wody zmieniała się w przedziale od 1,04 MPa do 4,85 MPa. Najwyższą wytrzymałość na ściskanie uzyskała mieszanina wytwarzana z popiołu ze spalania fluidalnego z Elektrowni „CZECHOWICE” o rozlewności 100 mm, a najniższą mieszanina wytwarzana z popiołu z produktami pól suchego odsiarczania spalin z Elektrowni „ŁAZISKA” o rozlewności 180 mm. Dodatek cementu w ilości 10% do mieszanin popiołowo-żużlowo-wodnych spowodował wzrost wytrzymałości do 6,8 MPa w przypadku mieszanin wytwarzanych z popiołu ze spalania fluidalnego z Elektrowni „CZECHOWICE” o rozlewności 100 mm oraz do 4,4 MPa dla mieszanin o tej samej rozlewności, lecz wykonanych z popiołu z produktami pól suchego odsiarczania spalin z Elektrowni „ŁAZISKA”.

5.4. Analiza wyników badań rozmakalności

Z przeprowadzonych wyników badań rozmakalności wynika, że wszystkie próbki poddane badaniu rozmakalności zachowały spójność oraz pierwotny kształt, z wyjątkiem próbki mieszaniny sporządzonej na bazie popiołu z produktami pól suchego odsiarczania spalin z Elektrowni „ŁAZISKA” o rozlewności 180 mm, która uległa rozpadowi (stopień rozmakalności 100%). Z mieszanin popiołowo-wodnych najniższym stopniem rozmakalności

wynoszącym 49% charakteryzowała się mieszanina sporządzona na bazie popiołu ze spalania fluidalnego z Elektrowni „CZECOWICE” o rozlewności 100 mm.

Udział żużla dennego w badanych hydromieszaninach spowodował obniżenie stopnia rozmakalności do 41% w przypadku mieszanin sporządzonych z popiołu ze spalania fluidalnego z Elektrowni „CZECOWICE” oraz do 53% w przypadku mieszanin sporządzonych z popiołu z produktami półsuchego odsiarczania spalin z Elektrowni „ŁAZISKA”. Dodatek cementu do mieszanin popiołowo-żużlowo-wodnych spowodował wzrost odporności na rozmakalność. Stopień rozmakalności dla mieszanin sporządzonych z popiołu ze spalania fluidalnego z Elektrowni „CZECOWICE” wynosił od 8% do 11%, natomiast dla mieszanin sporządzonych z popiołu z produktami półsuchego odsiarczania spalin z Elektrowni „ŁAZISKA” wynosił od 39% do 48%.

Odporność na rozmakanie mieszanin zarówno bez jak i z dodatkiem żużla dennego oraz cementu (niezależnie od rodzaju popiołu lotnego) o rozlewności 180 mm jest mniejsza od odporności na rozmakanie mieszanin o rozlewności 100 mm.

6. Podsumowanie i wnioski końcowe

Po przeprowadzeniu badań laboratoryjnych wpływu żużla dennego i cementu na własności fizyko mechaniczne badanych mieszanin popiołowo-wodnych oraz dokonanej analizy wyników badań można stwierdzić, że badane hydromieszaniny bez dodatku żużla dennego i cementu wykazują gorsze własności fizyko mechaniczne niż mieszaniny z dodatkiem tych komponentów. Hydromieszaniny te charakteryzują się przede wszystkim niską wytrzymałością na jednoosiowe ściskanie oraz małą odpornością na rozmakalność, toteż mogą być jedynie stosowane w takich podziemnych technologiach górniczych, w których nie wymaga się wysokich parametrów wytrzymałościowych. Mieszaniny popiołowo-wodne o takich własnościach mogą być stosowane w profilaktyce przeciwpożarowej, tj. do doszczelniania i izolowania rumowiska zwałowego oraz do wypełniania pustek w górotworze i zbędnych wyrobisk korytarzowych.

Żużel denny z Elektrociepłowni „CZECOWICE” może być komponentem drobnoziarnistych mieszanin wytwarzanych z badanych popiołów lotnych w podziemnych technologiach górniczych. Dodawanie żużla dennego w ilości 30% do mieszanin popiołowo-wodnych wpływa w sposób zróżnicowany na własności tych mieszanin w zależności od rodzaju popiołu lotnego i stosunku części stałych do wody. Dodatek żużla dennego do

hydromieszanin spowodował skrócenie czasu wiązania, skrócenie czasu uzyskania wymaganej normą nośności 0,5 MPa, wzrost wytrzymałości na jednoosiowe ściskanie oraz obniżenie stopnia rozmakalności w stosunku do mieszanin sporządzonych na bazie badanych popiołów lotnych.

Znaczący wpływ przede wszystkim na własności fizykomechaniczne badanych mieszanin ma udział cementu w tych mieszaninach. Dodatek cementu w ilości 10% do mieszanin popiołowo-żużlowo-wodnych zagwarantował uzyskanie mieszanin zestalonych o odpowiednio wysokiej wytrzymałości na jednoosiowe ściskanie i odporności na rozmakanie. Badane mieszaniny z dodatkiem cementu charakteryzują się dobrymi własnościami fizykomechanicznymi, przede wszystkim wykazują wysokie parametry wytrzymałościowe oraz dużą odporność na rozmakalność, dlatego też mogą być stosowane we wszystkich podziemnych technologiach górniczych, które wykorzystują odpady drobnoziarniste. Mieszaniny te mogą być stosowane np. w podsadzce samozestalającej, przy konstrukcji tam i korków podsadzkowych, do likwidacji pionowych i poziomych wyrobisk itp.

LITERATURA

1. Palarski J., Plewa F., Mysłek Z.: Wpływ gipsu poreakcyjnego na własności fizyczno-mechaniczne mieszanin popiołowo-wodnych. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Górnictwo z. 253, Gliwice 2002.
2. Plewa F., Mysłek Z.: Zagospodarowanie odpadów przemysłowych w podziemnych technologiach górniczych. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2001.
3. Plewa F., Pierzyna P., Radzikowski W.: Ocena własności fizykomechanicznych odpadów dennego i pośredniego z kotła fluidalnego pod kątem wykorzystania ich w technologiach górniczych. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Górnictwo z. 250, Gliwice 2001.
4. Polska Norma PN-G-11011:1998.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Kazimierz Rułka

Abstract

Studied mixtures without addition of slag and cement show worse physical-mechanical properties than mixture with addition of these components. Mixture of fly ash-water

they about such properties can be applied in fire - prophylactic, to grouting of caving also filling of voids behind support and liquidation of redundant mine workings.

Decker slag can be the component of fine-grained mixtures produced from fly ashes in underground mining technologies. Cement has significant influence on physical - mechanical properties mixtures. Studied mixtures with addition of cement characterize good physical – mechanical properties, therefore they can also be applied in all underground mining technologies which use fine-grained wastes. Mixtures these can applied ex., in solidifying backfill, on construction of plugs and backfill strips, to liquidation of shafts and winzes.