

Franciszek PLEWA, Zdzisław MYSŁEK, Grzegorz STROZIK

STOPIEŃ DOSZCZELNIENIA ZROBÓW ZAWAŁOWYCH W ZALEŻNOŚCI OD PARAMETRÓW MIESZANINY DROBNOFRAKCYJNEJ

Streszczenie. Hydrauliczne doszczelnianie zrobów zawałowych jest jedną z częściej stosowanych metod zagospodarowania drobnofrakcyjnych odpadów przemysłowych, pozwalającą równocześnie na poprawę warunków wentylacyjnych, zmniejszenie zagrożenia pożarowego i ograniczenie deformacji powierzchni. W artykule przedstawiono wyniki badań laboratoryjnych doszczelniania zrobów zawałowych szlamami osadnikowymi, popiołami lotnymi oraz ich mieszaninami. Uzyskane wyniki pozwoliły na określenie stopnia wypełnienia gruzowiska zawałowego w zależności od składu mieszaniny i jej własności migracyjnych.

COMPACTION RATE OF CAVING ZONES FROM THE POINT OF FINE-GRAINED MIXTURE PROPERTIES

Summary. Hydraulic compacting of caving zones is a widely spread method of utilization of fine-grained industrial waste which, by the way, improves ventilation conditions in a mine, reduces self combustion risk and decreases mining subsidence. The paper presents laboratory tests results of compacting the caving zone with sludge, fly ashes and their mixtures. The results allowed to determine the compaction rate of caving zone in relation to mixture composition and migration properties.

1. Wstęp

W procesie hydraulicznego doszczelniania zrobów zawałowych drobnofrakcyjnymi odpadami przemysłowymi, które pozwalają nie tylko na

odizolowanie zrobów od czynnych wyrobisk górniczych, poprawę warunków wentylacyjnych, zmniejszenie zagrożenia pożarowego i ograniczenie wpływów eksploatacji zawałowej na powierzchnię, ale także na zagospodarowanie znacznych ilości odpadów drobnofrakcyjnych, takich jak popioły lotne, odpady flotacji czy szlamy osadnikowe istotna jest chłonność zrobów, która pozwala na określenie stopnia ich wypełnienia i ilości możliwych do ulokowania odpadów. Chłonność zrobów zawałowych doszczelnianych odpadami drobnofrakcyjnymi zależy od wielu czynników, wśród których do najważniejszych należy zaliczyć:

- rodzaj i własności skał stropowych,
- rodzaj i porowatość gruzowiska zawałowego,
- grubość i nachylenie pokładu,
- dostępność i stopień zaciśnięcia zrobów,
- sposób doszczelniania zrobów,
- własności migracyjne mieszaniny doszczelniającej.

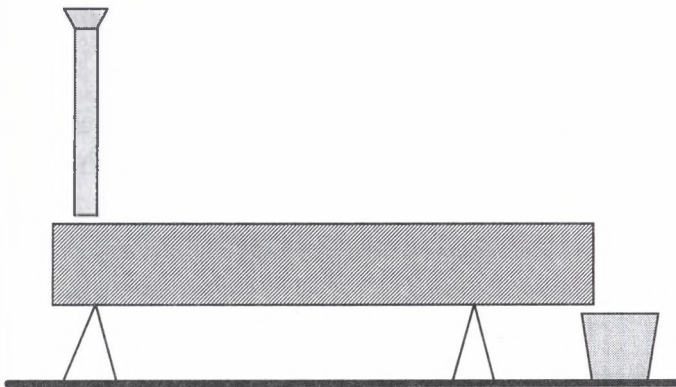
W przypadku doszczelniania zrobów nie zaciśniętych teoretyczna ilość odpadów możliwych do ulokowania w zrobach przy całkowitym wypełnieniu wolnych przestrzeni gruzowiska zawałowego powinna być równa objętości wyeksploatowanego pokładu. Rzeczywista ilość odpadów lokowanych w zrobach zawałowych z przyczyn technologicznych, technicznych i bezpieczeństwa jest zwykle znacznie mniejsza.

Teoretyczną ilość odpadów możliwych do ulokowania w zrobach zawałowych można określić korzystając z wodnej chłonności zrobów [3] lub z zależności podanych w pracach [1, 2]. Natomiast chłonność rzeczywistą i stopień wypełnienia zrobów w zależności od porowatości zawału i własności migracyjnych mieszaniny doszczelniającej można wyznaczyć jedynie na podstawie badań rozplywu mieszaniny w zamodelowanym gruzowisku zawałowym.

2. Badanie migracji mieszanin drobnofrakcyjnych w gruzowisku zawałowym

Badanie rozplywu i migracji mieszanin drobnofrakcyjnych w gruzowisku zawałowym przeprowadzono na stanowisku badawczym wypełnionym rumowiskiem skalnym o maksymalnym uziarnieniu 0.150 m. Średnia porowatość gruzowiska wyniosła 53%. Doszczelnianie zrobów

proawdzono sposobem beznaporowym przy swobodnym i skrępowanym przepływie mieszanki przez gruzowisko. W drugim przypadku gruzowisko zawałowe zostało otamowane płótnem podsadzkowym. Gruzowisko zawałowe o określonej objętości i porowatości zasilane było mieszaniną doszczelniającą o danej gęstości wypływającą z pionowego rurociągu o średnicy 0.1 m, umieszczonego na początku zrobów. Schemat stanowiska badawczego przedstawiono na rys.1. W trakcie badań rejestrowano ilość mieszanki doszczelniającej dopływającej do zrobów, ilość i gęstość mieszanki odpływającej ze zrobów oraz rozkład sedymentu wzdłuż zrobów i stopień wypełnienia zrobów odpadami drobnofrakcyjnymi. Za optymalną pod względem własności migracyjnych należy uznać mieszaninę o takiej gęstości, przy której mieszanina rozplywa się równomiernie w gruzowisku tworząc warstwę osadu o jednakowej grubości.



Rys. 1. Schemat stanowiska badawczego

Fig. 1. Scheme of the laboratory stand

W badaniach stosowano mieszaniny drobnofrakcyjne wytwarzane ze szlamów z osadników „Dorra” z Kopalni „Bolesław Śmiały”: o średniej zawartości części stałych 350 g/dm^3 i gęstości 1175 kg/m^3 oraz popiołów lotnych z Elektrowni „Łaziska” o gęstości 1645 kg/m^3 .

Składy badanych mieszanin drobnofrakcyjnych ustalono w proporcjach masowych. Udziały poszczególnych składników oraz parametry badanych mieszanin drobnofrakcyjnych zestawiono w tabeli 1.

Tabela 1

Parametry badanych mieszanin drobnofrakcyjnych

Lp.	Numer mieszaniny	Masowy udział składników mieszaniny		Gęstość mieszaniny ρ_m [kg/m ³]	Koncentracja wagowa popiołu C_{wp}	Koncentracja wag. cz. stałych C_{ws}	Rozlewność mieszaniny R [cm]
		Szlam osadnikowy [%]	Popiół lotny [%]				
1	I	87.10	12.90	1220	0.1290	0.3886	47
2	II	87.64	12.36	1218	0.1236	0.3847	61
3	III	90.16	9.84	1209	0.0984	0.3670	67.5
4	IV	93.29	6.71	1198	0.0671	0.3451	77

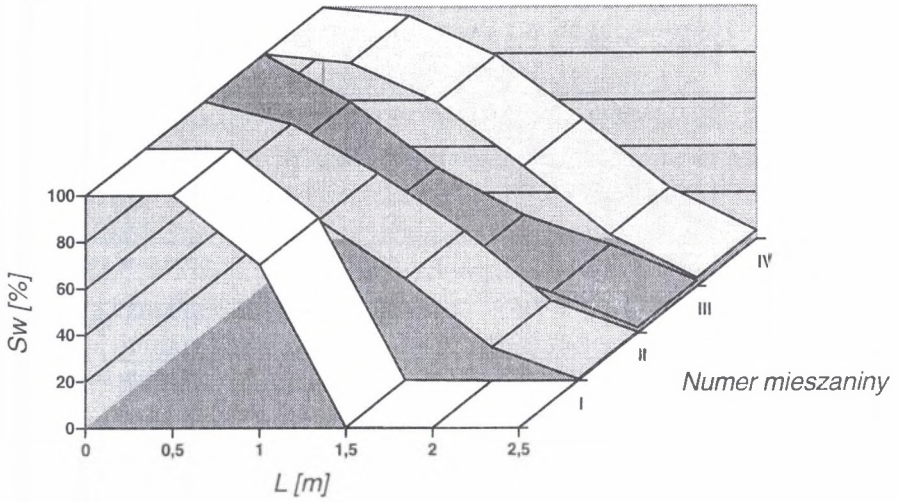
3. Wyniki badań

Wyniki pomiarów parametrów rozplywu mieszanin drobnofrakcyjnych w modelowym gruzowisku zawałowym przedstawiono w tabelach 2 ÷ 4 i na wykresach - rys. 2 i 3.

Tabela 2

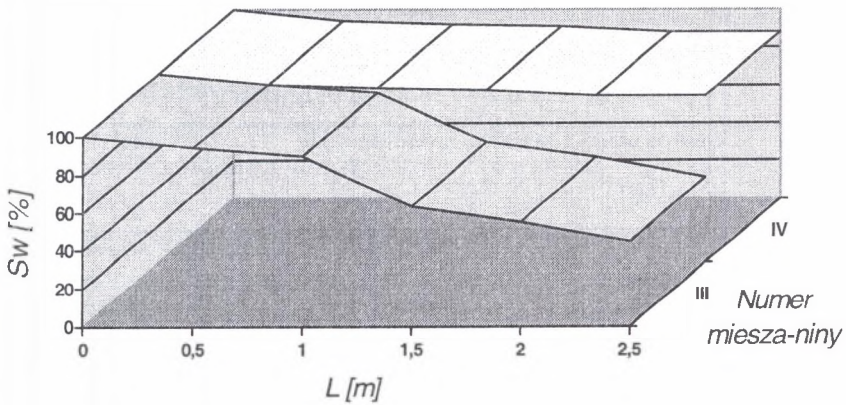
Parametry mieszaniny przepływającej przez gruzowisko zawałowe

Lp.	Nr miesz.	Gęstość miesz. dopływającej ρ_m [kg/m ³]	Gęstość miesz. odpływającej ρ_{przel} [kg/m ³]	Gęstość mieszaniny osadzonej w zrobach ρ_{osadu} [kg/m ³]	Uwagi
1	I	1220	-	1220	przepływ swobodny
2	II	1218	1193	1223	przepływ swobodny
3	III	1209	1208	1210	przepływ swobodny
4	IV	1198	1197	1200	przepływ swobodny
5	V	1209	1001	1232	gruzowisko otamowane
6	VI	1198	1000	1235	gruzowisko otamowane



Rys. 2. Stopień wypełnienia gruzowiska zawałowego przy przepływie swobodnym mieszanin doszczelniających

Fig. 2. Compaction rate of caving zone by freely flowing fill mixture



Rys. 3. Stopień wypełnienia gruzowiska zawałowego przy przepływie mieszanin doszczelniających w otamowanych zrobach

Fig. 3. Compaction rate of caving zone by a flow of fill mixture through a caving zone enclosed by stoppings

Tabela 3

Średni stopień wypełnienia gruzowiska zawałowego odpadami drobnofrakcyjnymi w zależności od gęstości mieszaniny i rodzaju przepływu

Lp.	Numer mieszaniny	Gęstość mieszaniny ρ_m [kg/m ³]	Średni stopień wypełnienia gruzowiska $S_{w\acute{s}r}$ [%]	Uwagi
1	I	1220	45.1	przepływ swobodny
2	II	1218	53.1	przepływ swobodny
3	III	1209	54.2	przepływ swobodny
4	IV	1198	58.8	przepływ swobodny
5	V	1209	74.7	gruzowisko otamowane
6	VI	1198	92.3	gruzowisko otamowane

Tabela 4

Średnia zawartość wody w materiale osadzonym w zrobach w zależności od gęstości mieszaniny i rodzaju przepływu

Lp.	Numer mieszaniny	Gęstość osadu ρ_{osdu} [kg/m ³]	Masowa zawartość wody w osadzie C_{ww} [%]	Uwagi
1	I	1220	61.14	przepływ swobodny
2	II	1223	60.56	przepływ swobodny
3	III	1210	63.10	przepływ swobodny
4	IV	1200	65.08	przepływ swobodny
5	V	1232	58.93	gruzowisko otamowane
6	VI	1235	58.27	gruzowisko otamowane

4. Analiza wyników badań

Z przeprowadzonych badań rozplywu mieszanin drobnofrakcyjnych w modelowym gruzowisku zawałowym wynika, że średni stopień wypełnienia gruzowiska o średniej porowatości 53% zmieniał się od 45.1% dla mieszaniny o gęstości 1220 kg/m^3 do 58.8% przy gęstości 1198 kg/m^3 i swobodnym przepływie mieszaniny doszczelniającej przez zroby oraz od 74.7% dla gęstości mieszaniny 1209 kg/m^3 do 92.3% dla mieszaniny o gęstości 1198 kg/m^3 przy przepływie przez zroby otamowane. Ze wzrostem gęstości mieszaniny i spadkiem rozlewności wyraźnie maleją własności migracyjne i zasięg rozplywu mieszanin.

Spśród badanych mieszanin doszczelniających mieszanina o gęstości 1220 kg/m^3 charakteryzowała się najgorszymi własnościami migracyjnymi. Mieszanina sedimentuje w pobliżu wylotu rurociągu zasilającego, a maksymalny zasięg rozplywu nie przekracza 60% długości gruzowiska zawałowego w stanowisku badawczym.

Ilość mieszaniny odpływającej z gruzowiska zawałowego przy swobodnym przepływie mieszaniny doszczelniającej dla pozostałych mieszanin zmieniała się od 15.6% dla mieszaniny o gęstości 1218 kg/m^3 do 69.3% dla mieszaniny o gęstości 1198 kg/m^3 . Natomiast przy doszczelnianiu zrobów otamowanych ilość odpływającej przez płótno podsadzkowe mieszaniny (wody) zmieniała się od 8.2% dla mieszaniny o gęstości 1209 kg/m^3 do 13.2% dla mieszaniny o gęstości 1198 kg/m^3 . Gęstość mieszaniny odpływającej ze zrobów przy swobodnym przepływie mieszaniny przez gruzowisko spada nieznacznie, tym bardziej im większa jest gęstość początkowa mieszaniny i zawiera się w przedziale od 1193 do 1208 kg/m^3 . Dla zrobów otamowanych gęstość mieszaniny odpływającej przez płótno podsadzkowe jest praktycznie równa gęstości wody.

Zawartość masowa wody w mieszaninie osadzonej w gruzowisku zawałowym zmieniała się od 60.56% dla mieszaniny II do 65.08% dla mieszaniny IV przy swobodnym przepływie mieszaniny przez gruzowisko zawałowe oraz od 58.27% dla mieszaniny IV do 58.93% dla mieszaniny III przy przepływie mieszaniny doszczelniającej przez otamowane gruzowisko zawałowe. Mniejsza ilość wody w materiale osadzonym w otamowanym gruzowisku zawałowym wynika z zatrzymania przez tamę części stałych. Przez płótno podsadzkowe odsącza się praktycznie czysta woda.

Spośród badanych mieszanin drobnofrakcyjnych najlepszymi własnościami migracyjnymi zapewniającymi równomierny rozptyw i maksymalny stopień wypełnienia gruzowiska zawałowego charakteryzuje się mieszanina IV o gęstości 1198 kg/m^3 i masowej koncentracji cząstek stałych 34.5%, zawierająca 93.3% szlamów osadnikowych i 6.7% popiołów lotnych. Mieszanina o takim składzie zapewnia stopień doszczelnienia zrobów równy 58.8% dla swobodnego przepływu mieszaniny przez zroby oraz 92.3% dla przepływu mieszaniny przez zroby otamowane. Gęstość mieszaniny osadzonej w zrobach wynosi odpowiednio 1200 i 1235 kg/m^3 , a zawartość wody w mieszaninie 65.08 i 58.27%.

Duża zawartość wody w mieszaninie osadzonej w zrobach, wymagana ze względu na własności migracyjne i parametry rozptywu, utrudniać będzie zestalenie odpadów, a nawet może stwarzać zagrożenie wodne dla czynnych niżej leżących wyrobisk.

Przyjmując jako średni współczynnik wypełnienia zrobów zawałowych mieszaniną drobnofrakcyjną o gęstości 1198 kg/m^3 średnią ze stopnia wypełnienia gruzowiska przy przepływie swobodnym i przy przepływie przez gruzowisko otamowane równy 0.755 oraz średnią porowatość gruzowiska na poziomie 50%, ilość możliwych do ulokowania odpadów drobnofrakcyjnych w postaci mieszaniny o takiej gęstości wyniesie około 450 kg/m^3 lub 156 kg/m^3 odpadów drobnofrakcyjnych na 1 m^3 zrobów zawałowych nie zaciśniętych.

5. Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych badań laboratoryjnych własności migracyjnych drobnofrakcyjnych mieszanin doszczelniających w gruzowisku zawałowym można sformułować następujące wnioski:

1. Własności migracyjne badanych mieszanin drobnofrakcyjnych zależą od ich gęstości i rozlewności. Ze wzrostem gęstości własności migracyjne mieszanin maleją, natomiast ze wzrostem rozlewności parametry rozptywu, takie jak zasięg rozptywu i stopień wypełnienia gruzowiska wyraźnie wzrastają. Wynika stąd, że o własnościach migracyjnych drobnofrakcyjnych mieszanin doszczelniających decyduje ich rozlewność.
2. Spośród badanych mieszanin drobnofrakcyjnych najlepszymi własnościami migracyjnymi charakteryzowała się mieszanina o gęstości

- 1198 kg/m³ i rozlewności 77 cm zawierająca 93.3% szlamów osadnikowych i 6.7% popiołów lotnych.
3. Stopień wypełnienia gruzowiska zawałowego zależy od sposobu doszczelnienia gruzowiska i parametrów mieszaniny. Stopień wypełnienia gruzowiska modelowego o średniej porowatości 52.8% zmieniał się od 47% dla mieszaniny o gęstości 1209 kg/m³ do 58.8% przy gęstości mieszaniny 1198 kg/m³ i swobodnym przepływie mieszaniny doszczelniającej przez zroby oraz od 74.7% dla mieszaniny o gęstości 1209 kg/m³ do 92.3% dla mieszaniny o gęstości 1198 kg/m³ przy doszczelnianiu zrobów otamowanych.
 4. Gęstość mieszaniny osadzonej w gruzowisku zawałowym zmieniała się od 1200 do 1223 kg/m³ przy przepływie swobodnym oraz od 1232 do 1235 kg/m³ dla zrobów otamowanych. Zawartość wody w osadzie zmieniała się od 58.3 do 65.1%. Duża zawartość wody w mieszaninach doszczelniających wymagana ze względu na parametry rozplywu może powodować trudności z zestaleniem odpadów, a nawet stwarzać zagrożenie dla czynnych niżej leżących wyrobisk.
 5. Ilość możliwych do ulokowania odpadów drobnofrakcyjnych w badanym gruzowisku modelowym przy doszczelnianiu zrobów mieszaniną o najlepszych własnościach migracyjnych wyniesie około 156 kg/m³ zrobów, przyjmując jako stopień wypełnienia zrobów średnią przy swobodnym przepływie i doszczelnianiu zrobów otamowanych.

Literatura

1. Palarski J., Plewa F., Mysiek Z.: Parameters of forced hydraulic filling of cavings. 7th International Conference Transport and Sedimentation of Solid Particles, Wrocław 1992.
2. Plewa F., Mysiek Z.: Teoretyczne podstawy wyznaczania stopnia wypełnienia rumowiska zawałowego mieszaniną odpadów drobnofrakcyjnych z wodą. Zeszyty Naukowe Pol. Śl., seria Górnictwo, nr. 225, Gliwice 1995.
3. Komunikat GIG nr 626, Katowice 1974.

Recenzent: Dr inż. Jacek Kamiński

Wpłynęło do Redakcji 10.10.1997 r.

Abstract

Hydraulic compacting of caving zones not only improves ventilation conditions in a mine, reduces self combustion risk, decreases mining subsidence, but also is a method for utilization of large amounts of fine-grained industrial waste like fly ashes, flotation tailings or settling sludge. To determine the compaction rate of a caving zone and amount of waste that may be utilized absorptivity of cavings must be known [1, 2, 3]. The above mentioned parameters depend on water-solids mixture properties. The laboratory tests of compacting the caving zone with sludge, fly ashes and their mixtures (see Table 1) showed that compaction rate of caving characterized by average porosity 53% was in the range from 47% by a mixture density 1209 kg/m³ up to 58.8% by a mixture density 1198 kg/m³ when a free flow of mixture was adopted, and from 74.7% by a mixture density 1209 kg/m³ up to 92.3% by a mixture density 1198 kg/m³ when the caving zone was enclosed with stoppings (see Figures 2, 3 and Tables 2, 3, and 4).