

Franciszek PLEWA*, Grzegorz STROZIK**, Rafał JENDRUŚ***

Możliwości zagospodarowania odpadów drobnofrakcyjnych z energetyki w procesie doszczelniania gruzowiska zawałowego w warunkach kopalni

STRESZCZENIE. Jedną z najbardziej efektywnych metod zagospodarowania odpadów przemysłowych — energetycznych jest ich wykorzystanie w podziemnych technologiach górniczych. W artykule opisano technologię doszczelniania zrobów zawałowych o określonej porowatości czynnej (efektywnej), bazującą na właściwościach wiążących mieszanin wybranych drobnofrakcyjnych odpadów przemysłowych (przede wszystkim popiołów lotnych z produktami odsiarczania i bez nich) i wody kopalnianej, tworzących medium doszczelniające zroby.

SŁOWA KLUCZOWE: mieszanina drobnofrakcyjna, doszczelnianie zrobów zawałowych, woda nadosadowa

Wprowadzenie

Głównymi wytwórcami odpadów przemysłowych są: górnictwo, hutnictwo i energetyka. Odpady przemysłowe powstające w procesach produkcyjnych mogą być wykorzystywane — zagospodarowywane lub składowane na składowiskach powierzchniowych.

* Prof. dr hab. inż. — e-mail: Franciszek.Plewa@polsl.pl; ** Dr inż. — e-mail: Grzegorz.Strozik@polsl.pl; *** Mgr inż. — e-mail: Rafal.Jendrus@polsl.pl, Politechnika Śląska, Gliwice.

Recenzent: prof. dr hab. inż. Eugeniusz MOKRZYCKI

Jedną z najbardziej efektywnych i ekologicznych metod zagospodarowania odpadów przemysłowych, głównie energetycznych, jest ich „lokowanie” w podziemnych wyrobiskach górniczych w ramach tzw. przemysłowego wykorzystania — zagospodarowania.

W ostatnich kilkunastu latach opracowano szereg technologii pozwalających zagospodarować drobnofrakcyjne odpady przemysłowe — energetyczne przede wszystkim popioły lotne. Do najbardziej rozpowszechnionych w chwili obecnej podziemnych technologii górniczych wykorzystujących specyficzne właściwości fizykochemiczne popiołów lotnych jest doszczelnianie zrobów zawałowych.

Doszczelnianie zrobów zawałowych

Technologia ta stosowana jest powszechnie niemal we wszystkich kopalniach węgla kamiennego, głównie w ramach profilaktyki przeciwpożarowej. Polega ona na wypełnieniu hydromieszaniną popiołowo-wodną wolnych przestrzeni w zrobach zawałowych, uniemożliwiając tym samym migrację powietrza i zmniejszając ryzyko powstawania pożarów endogenicznych. Podstawowym wymogiem dla mieszanin do doszczelniania zrobów jest ich zdolność do częściowego odwodnienia oraz zestalenia bez możliwości powstania zbiornika wodnego w zrobach i uniknięcia ewentualnego zagrożenia wodnego dla wyrobisk zalegających niżej.

Hydromieszanina do doszczelniania zrobów zawałowych powinna zapewniać:

- ✧ korzystne parametry przepływu w grawitacyjnych instalacjach transportowych,
- ✧ dobry rozptył w gruzowisku zawałowym, umożliwiający jego maksymalne doszczelnienie,
- ✧ korzystne właściwości migracyjne umożliwiające daleki rozptył w gruzowisku zawałowym,
- ✧ zdolność do filtracji (przesączania ewentualnie występującej wody nadmiarowej (nadosadowej),
- ✧ niską prędkość sedimentacji części stałych,
- ✧ zestalenie się w określonym przedziale czasu (uzyskanie konsystencji plastycznej lub stałej),
- ✧ odporność na wtórne działanie wody (nie upłynnianie się zestalonego sedymentu w przypadku dopływu wód) [1].

Proces doszczelniania gruzowiska zawałowego na kopalni

Kopalnia wykorzystuje popioły lotne z produktami (kod: 10 01 82) i bez produktów odsiarczania (kod: 10 01 02) z Elektrowni Rybnik i Łaziska w procesie doszczelniania zrobów poeksploatacyjnych, wykonywanym w ramach profilaktyki przeciwpożarowej.

Proces doszczelniania gruzowiska zawałowego ściany h45 w pokł. 405/1 rozpoczęty w dniu 18 listopada 2003 r. i zakończony 9 sierpnia 2004 r. prowadzono w oparciu o „Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 28 czerwca 2002r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy, prowadzenia ruchu oraz specjalistycznego zabezpieczenia przeciwpożarowego w podziemnych zakładach górniczych” (Dz.U. Nr 139, poz. 1169) [2].

Charakterystyka ściany h45 w pokł. 405/1

Ściana h45 w pokładzie 405/1 zlokalizowana jest na wschód od przekopów V i V równoległego na poz. 850 m, z których udostępniona jest wyrobiskami chodnikowymi. Ściana charakteryzuje się następującymi podstawowymi parametrami:

- wysokość ściany: 2,50 — 3,50 m,
- wybieg ściany: 1745 m,
- długość ściany: 178,5 — 200,5 m,
- nachylenie podłużne ściany na wybiegu: 7—35°,
- nachylenie poprzeczne ściany: 0—13° po wzniosie, 0—6° po upadzie.

Technologia wytwarzania mieszaniny popiołowo-wodnej

Proces wytwarzania mieszaniny popiołowo-wodnej obejmuje następujące etapy technologiczne:

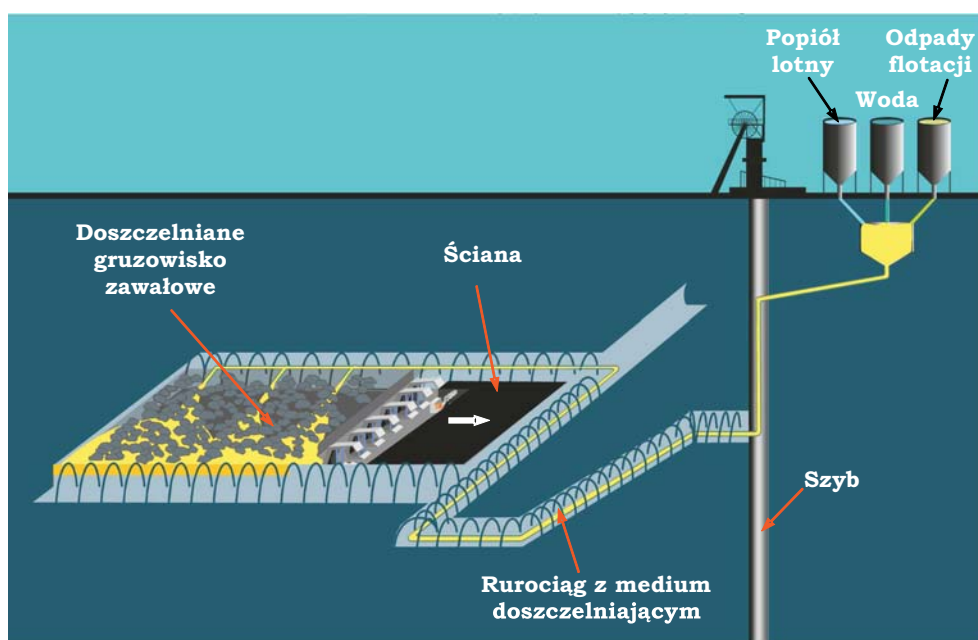
1. Cysterny samochodowe z popiołem lotnym podstawiane są bezpośrednio w rejonie mieszalnika przepływowego, natomiast cysterny kolejowe na bocznicy kolejową zlokalizowaną w pobliżu (około 40 m) powierzchniowej instalacji wytwarzania mieszaniny popiołowo-wodnej.

2. Rozładunek popiołów lotnych odbywa się pneumatycznie węzami giętkimi o średnicy 80 mm do mieszalnika przepływowego zabudowanego przy szybie II. Cysterny samochodowe rozładowywane są przez przewody giętkie podłączone bezpośrednio do mieszalnika. Natomiast cysterny kolejowe rozładowywane są przez węże giętkie podłączone do rurociągów z rur stalowych o średnicy 80 mm i długości około 43 m, którymi popioły lotne transportowane są do mieszalników. Instalacja sprężonego powietrza zasilana jest z sieci sprężonego powietrza o parametrach 0,55 do 0,6 MPa. Do rozładunku cystern kolejowych stosowane jest sprężone powietrze o ciśnieniu zredukowanym do 0,3 MPa, natomiast do rozładunku cystern samochodowych do 0,2 MPa. Jednocześnie do mieszalnika podawana jest woda pod ciśnieniem 0,3 MPa. W mieszalniku zachodzi proces mieszania popiołów z wodą w trakcie rozładunku cystern. Zakłada się możliwość jednoczesnego rozładunku jednej cysterny kolejowej lub samochodowej z użyciem jednego lub dwóch mieszalników. W mieszalniku przepływowym następuje wymieszanie popiołów lotnych z wodą w stosunku wody do popiołu 1,0 do 1,5 (w zależności od rodzaju popiołu), uzyskując mieszaninę o gęstości zbliżonej do 1300 kg/m³. Wodna mieszanina popiołów lotnych grawitacyjnie

spływa do zbiornika zmywczego i dalej do instalacji transportowej oraz miejsca doszczelniania [2].

Pomiar wody nadosadowej odsączonej w trakcie prowadzenia procesu doszczelniania zrobów zawałowych oraz wodochłonności skał stropowych

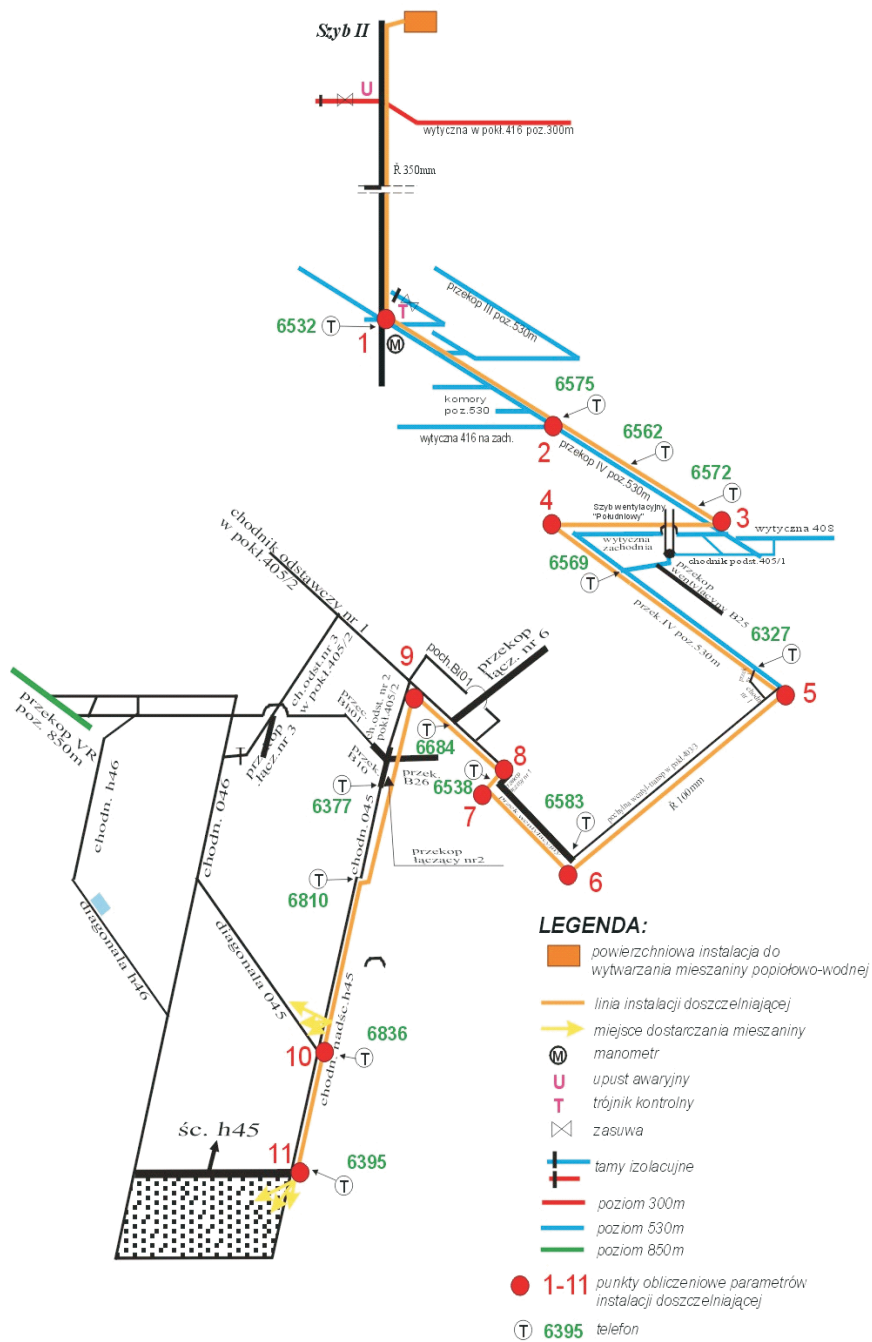
Proces doszczelniania zrobów ściany h45 odbywał się z chodnika nadścianowego h45 (rys. 1). Na początkowym wybiegu ściany h45 eksploatacja pokładu 405/1 odbywała się po wzniosie i z tego względu, w celu zapobieżenia niekontrolowanemu tworzeniu się zbiornika wodnego, doszczelnianie jej zrobów rozpoczęto po uzyskaniu około 240 m wybiegu ściany.



Rys. 1. Schemat procesu doszczelniania gruzowiska zawałowego z chodnika nadścianowego

Fig. 1. Scheme of grouting of gob area process

Wody nadosadowe wraz z wodami pochodzącymi z dopływu naturalnego (których ilości były znikome i ich udział pominięto w dalszej analizie) i technologicznymi (głównie wody zużyte do schładzania silników przekaźnika zgrzeblowego ścianowego i napędów taśm odstawy urobku oraz płukania rurociągów — stanowiące razem około 7% zmierzonej ilości wody nadosadowej), spływały grawitacyjnie chodnikiem 046 w kierunku postępu ściany do diagonali h46, skąd były przepompowywane do ścieku w przekopie VR równoległym na poziomie 850 m i następnie spływały do chodników wodnych systemu głównego odwadniania na poziomie 850 m (rys. 2). Pomiar wody nadosadowej możliwy był dzięki



Rys. 2. Schemat instalacji przemysłowego wykorzystania odpadów przy doszczelnianiu zrobów zawałowych ściany h45 w pokładzie 405/1 na kopalni

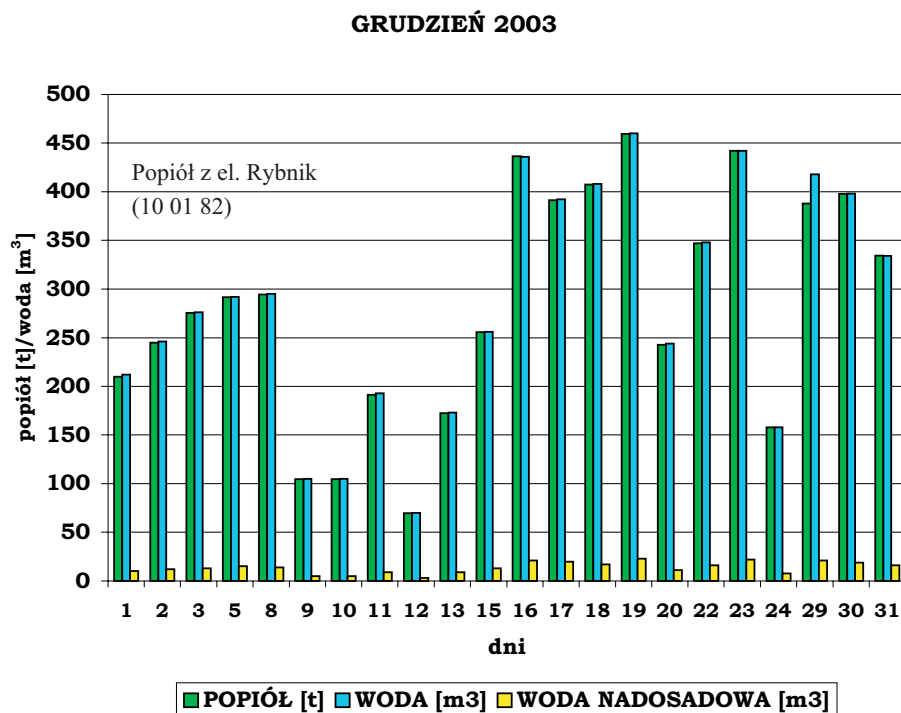
Fig. 2. Scheme of industry system of waste utilization with grouting of gob areas, longwall h45 in coal bed 405/1 on mine

zamontowanej w zbiorniku pompy sondzie służącej do jej automatycznego uruchamiania. Ustawienie sondy w zbiorniku pozwalało na odpompowywanie około 0,5 m³ wody przy jednokrotnym jej uruchomieniu. Zaobserwowano, że w zbiorniku pompy gromadziła się woda nie zawierająca śladów części stałych. Wynoszenie części fazy stałej (ziaren popiołu) ze zrobów lub nawet wypływ całej hydromieszanki świadczyłyby o błędnie dobranych parametrach hydromieszanki lub procesu doszczelniania. Przyjęta technologia prowadzenia profilaktyki przeciwpożarowej nie stworzyła zagrożenia wodnego dla prowadzonych i projektowanych robót górniczych.

W trakcie trwania procesu doszczelniania ściany h45 mieszaniną popiołowo-wodną, przeprowadzono również badania wodochłonności skał stropowych wg norm: PN-EN 13755: 2002/AC:2004 oraz PN-84/B-01080, w celu uzyskania dokładniejszego bilansu ilości wody nadosadowej. Średnią wartość wodochłonności skał stropowych ściany h45 w pokładzie 405/1 ustalono jako równą około 3%.

Analiza wyników pomiarów wody nadosadowej

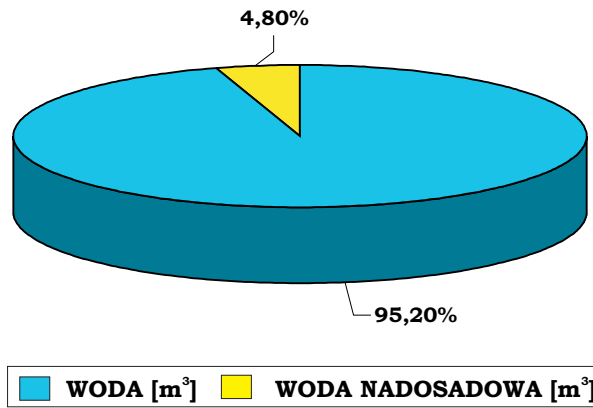
Na wykresach (rys. 3—6) przedstawiono przykładowe wyniki pomiarów ilości wody nadosadowej wychwyconej w trakcie trwania procesu doszczelniania gruzowiska zawa-



Rys. 3. Wyniki pomiarów ilości wody nadosadowej w grudniu 2003

Fig. 3. Results of quantities excessive water, December 2003

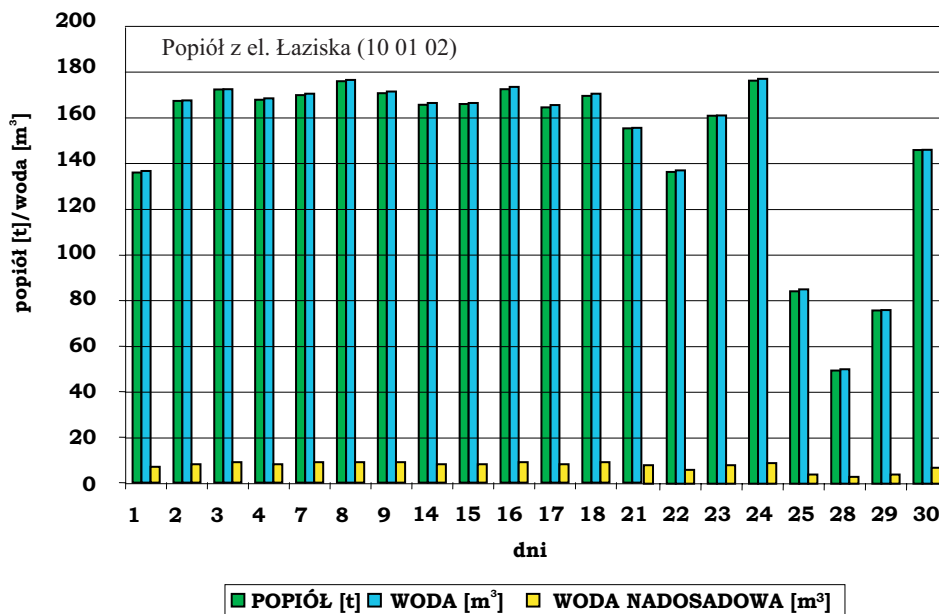
GRUDZIEŃ 2003



Rys. 4. Średnia miesięczna udziału wody nadosadowej w ilości wody wykorzystanej do sporządzenia mieszaniny popiołowo-wodnej, grudzień 2003 r.

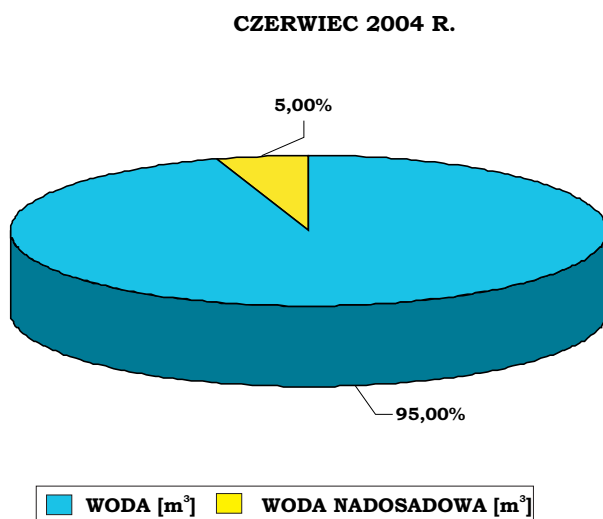
Fig. 4. Average monthly volume of excessive water in relation to volume of water required for preparation of the slurry; data from December 2003

CZERWIEC 2004 R.



Rys. 5. Wyniki pomiarów ilości wody nadosadowej w miesiącu czerwcu 2004 r.

Fig. 5. Results of quantities excessive water, June 2004



Rys. 6. Średnia miesięczna udziału wody nadosadowej w ilości wody wykorzystanej do sporządzania mieszaniny popiołowo-wodnej, czerwiec 2004 r.

Fig. 6. Average monthly volume of excessive water in relation to volume of water required for preparation of the slurry; data from June 2004

łowego, w miesiącu grudniu 2003 r. oraz czerwcu 2004 r. W pierwszym przypadku do badań użyto popiołów lotnych z produktami odsiarczania z Elektrowni Rybnik (kod: 10 01 82), natomiast w drugim — popiołów lotnych bez produktów odsiarczania z Elektrowni Łaziska (kod: 10 01 02). Hydromieszaninę sporządzano w stosunku masowym wody do popiołu 1:1, uzyskując następujące wartości podstawowych parametrów fizycznych mieszaniny:

- ✧ gęstość — 1280 — 1310 [kg/m³],
- ✧ rozlewność w granicach — 320 — 340 [mm],
- ✧ lepkość dynamiczna — 0,0108 — 0,0213 [Pa s],
- ✧ granica płynięcia — 1,25 — 2,66 [Pa].

Podsumowanie

Jak wynika z przedstawionych danych, na rzeczywistość, tj. całkowitą ilość wody nadosadowej odsączonej z hydromieszaniny popiołowo-wodnej w trakcie prowadzenia procesu doszczelniania ściany h45 w warunkach kopalni, miało wpływ szereg czynników. Pomijając w dalszych obliczeniach wielkość dopływu wód z wyrobisk sąsiadujących oraz ewentualne ucieczki wody z hydromieszaniny w szczeliny górotworu, sformułować można następującą zależność:

$$\begin{array}{rcccl}
 \text{Procesy} & + & \text{Przemywanie (czyszczenie)} & + & \text{Woda z wyrobisk} \\
 \text{technologiczne} & & \text{instalacji podszkowej} & & \text{sąsiadujących} \\
 & & & & \left. \vphantom{\begin{array}{l} \text{Procesy} \\ \text{technologiczne} \end{array}} \right\} \text{DOPLYWY} \\
 \\
 \text{Szczelinowość} & + & \text{Wodochłonność górotworu} & & \\
 \text{górotworu} & & \text{(skał stropowych)} & & \left. \vphantom{\begin{array}{l} \text{Szczelinowość} \\ \text{górotworu} \end{array}} \right\} \text{UCIECZKI} \\
 \\
 & & = & & \\
 \\
 \Sigma Q_{\text{wody nadosadowej}} \text{ [m}^3\text{]}
 \end{array}$$

Pamiętać jednak należy, że zależność ta jest w dużym stopniu uproszczona i dotyczy warunków górotworu w rozpatrywanej lokalizacji. W innych warunkach powinny zostać uwzględnione m.in. dopływ wody z wyrobisk sąsiadujących oraz ewentualne ucieczki wody z hydromieszaniny.

Ilość odsączonej wody nadosadowej świadczyć może o prawidłowości przebiegu procesu doszczelniania zrobów. Im mniej wody nadosadowej odsąca się z hydromieszaniny w trakcie trwania doszczelniania gruzowiska zawałowego, tym lepsze posiada ona właściwości doszczelniające. Hydromieszanina posiadać musi takie właściwości fizyczne, aby w danych warunkach technicznych gruzowiska zawałowego zapewnić jego maksymalne doszczelnienie.

Literatura

- [1] PLEWA F., MYSŁEK Z., 2001 — Zagospodarowanie odpadów przemysłowych w podziemnych technologiach górniczych. Monografia. Wyd. Politechniki Śląskiej, Gliwice.
- [2] Projekt techniczny doszczelniania wyrobisk przyścianowych i zrobów ściany h45 w pokładzie 405/1; Kopalnia — 26 listopad 2003.

Franciszek PLEWA, Grzegorz STROZIK, Rafał JENDRUŚ

Possibilities of fine-grained slurries management in grouting of roof fall rocks process in mine conditions

Abstract

In general, the propagation of grout in gob area depends on many parameters such as type of grouting mixture and its composition, applied grouting methods, pipe spacing, configuration of the roof fall rocks (spacing, orientation and surface roughness) and inclination of footwall.

The further treatment is based on following assumptions:

- ✧ the mixture flow through a roof fall material is steady,
- ✧ caving area is considered as a fractured rock medium which can be characterized by average porosity, fracture aperture and heterogeneity of fracture surface (relative roughness),
- ✧ grouting mixture shows rheological properties described by Bingham model,
- ✧ flow in the voids and fractures of roof fall materials is assumed to be laminar and may be described as flow with “a free mixture level”.

KEY WORDS: fine grained slurries, grouting of roof fall rocks (gob areas), excessive water (bleed water)