

Christian JAHN

Sanger+Lanninger Gmbh Betontechnik, Bochum

Marian MADAJ, Wojciech KLIMAS

Politechnika Śląska, Gliwice

Katedra Geomechaniki, Budownictwa Podziemnego i Zarządzania Ochroną Powierzchni

TRANSPORT HYDROMECHANICZNY MINERALNYCH MATERIAŁÓW WIĄZĄCYCH W TECHNOLOGIACH GÓRNICZYCH

Streszczenie. W referacie przedstawiono podstawowe systemy transportu mineralnych materiałów wiążących (spoiw mineralnych) w technologiach górniczych w kopalniach węgla kamiennego. Transport hydromechaniczny spoiw mineralnych do podziemnych wyrobisk górniczych może być realizowany bezpośrednio z powierzchni kopalni lub z poziomu wydobywczego. Znajduje zastosowanie w technologiach górniczych do wykonywania: ochronnych pasów podporowych, pasów izolacyjnych, torkretu, tam izolacyjnych, przeciwwybuchowych, powiązania obudowy z górotworem, iniekcji górotworu i kotwienia.

HYDROMECHANICAL CONVEYING OF THE MINERAL BINDING AGENTS IN HARD COAL MINES

Summary. A basic transportation method of mineral binding agents in coal mines has been presented in this paper. Hydromechanical conveying of the binding agents to mines workings can be realized directly from the surface of the coal mine or from the exploitation level. In this paper are also presented fields of application of the binding agents in coal mine: roadside packs, explosion protection packs, support backfilling in roads and shafts, rock injections spraying work, rock bolt grouting and rock consolidation.

1. Wprowadzenie

Wielkość wydobycia, sposób utrzymywania i ochrony wyrobisk decyduje o rodzajach i ilościach stosowanych mineralnych spoiw górniczych (mineralnych materiałów wiążących) w kopalni. Sposób transportu (przemieszczania) spoiw mineralnych decyduje o ich właściwościach fizyko mechanicznych, takich jak: konsystencja, czas wiązania, dynamika

narastania wytrzymałości na ściskanie i końcowa wytrzymałość na ściskanie. Czynniki te wpływają na wybór sposobu transportowania spoiw mineralnych z powierzchni do podziemnych wyrobisk górniczych. Spoiwa mineralne mogą być transportowane w postaci suchej (transport pneumatyczny) lub zaczynów spoiwowo-wodnych (transport hydrauliczny). Transport pneumatyczny i hydrauliczny spoiw mineralnych do podziemnych wyrobisk górniczych może być realizowany bezpośrednio z powierzchni kopalni lub z poziomu wydobywczego. Zarówno systemy transportu pneumatycznego, jak i hydraulicznego posiadają określone zalety i wady, a przy wyborze systemu transportu spoiw mineralnych w kopalniach węgla kamiennego należy uwzględniać aspekt ekonomiczny i techniczno-ruchowy (rodzaj spoiwa, jego ilość, odległość, wydajność urządzeń, obciążenie dróg transportowych itp.) [1÷8].

Problemy transportu hydraulicznego spoiw mineralnych można podzielić na materiałowe i instalacyjno-urządzeniowe. Do problemów materiałowych należą: dobór rodzaju spoiwa mineralnego oraz określenie wpływu konsystencji, upłynniaczy, plastyfikatorów, aktywatorów procesów wiązania i twardnienia na zmianę właściwości fizykomechanicznych zaczynu spoiwowego i stwardniałego zaczynu spoiwowego. Do problemów transportowych (urządzeniowych) należą: określenie rodzaju i wielkości ciśnienia pompy, optymalnej wydajności mieszalników i pompy, maksymalnej odległości transportowanego materiału, rodzaju stosowanych rurociągów i sposobu ich łączenia, sposobu dozowania aktywatora (modyfikatora), ilości i sposobu mieszania aktywatora z zaczynem spoiwowym w celu uzyskania jednorodnej mieszaniny, czasu zmian właściwości reologicznych zaczynu spoiwowego, sposobu czyszczenia rurociągu transportowego i miejsca gromadzenia wody po płukaniu rurociągu, czynności w przypadku awarii rurociągu itp. W niniejszym referacie przedstawiono tylko wybrane, podstawowe zagadnienia związane ze stosowaniem transportu grawitacyjnego spoiw mineralnych w technologiach górniczych.

2. Transport hydrauliczny

Charakterystyczną cechą transportu hydraulicznego jest stosowanie wody jako medium transportującego spoiwa mineralne w postaci zaczynu spoiwowego. Do odmian transportu hydraulicznego górniczych spoiw mineralnych należą: transport grawitacyjny z powierzchni i hydromechaniczny. Idea transportu hydraulicznego (grawitacyjnego) spoiw mineralnych

polega na przygotowaniu na powierzchni kopalni mieszaniny spoiwa i wody o takiej konsystencji, która umożliwi jego transport rurociągami wysokociśnieniowymi o średnicy 50 mm do miejsca stosowania w podziemnych wyrobiskach górniczych, wykorzystując do tego celu tylko ciśnienie hydrostatyczne uzyskane w szybie [1, 6]. Transport hydromechaniczny charakteryzuje się stosowaniem dodatkowo pomp wysokociśnieniowych do przemieszczania zaczynów spoiwowych (mieszaniny spoiwa i wody). Ze względu na miejsce lokalizacji pompy transport ten realizowany może być w dwóch odmianach: hydromechaniczny z powierzchni lub z poziomu wydobywczego.

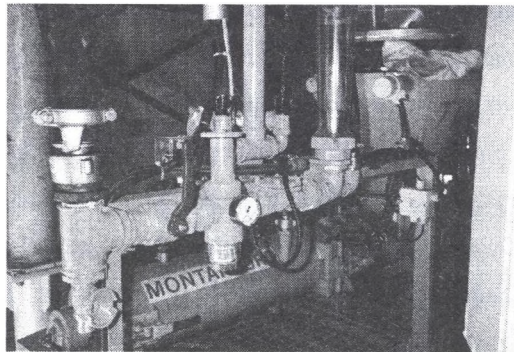
2.1. Transport hydromechaniczny z powierzchni

Polega na przygotowaniu na powierzchni kopalni, zazwyczaj w pobliżu szybu, mieszaniny spoiwa i wody (zaczynu spoiwowego) o takiej konsystencji, która umożliwi jej tłoczenie za pomocą pompy (lub układu pomp) rurociągiem z powierzchni do miejsca stosowania w podziemnych wyrobiskach górniczych (fot. 1). Konsystencja zaczynu spoiwowego zależy głównie od odległości, na którą należy materiał przemieścić, i wielkości strat ciśnienia w instalacji transportowej (części poziomej rurociągów). W zależności od poziomej odległości tłoczenia i wielkości strat ciśnienia w rurociągu można w wyrobisku na danym poziomie zastosować zbiornik pośredni na zaczyn spoiwowy i dodatkową pompę, która umożliwi wykonanie planowanych robót. Dodatkowa pompa spełnia zadanie wyeliminowania ewentualnych korków lub zatorów oraz służy do prowadzenia prac związanych z czyszczeniem instalacji. Na końcu instalacji transportowej znajduje się tzw. dysza wylotowa, do której podłączone są: sprężone powietrze oraz przyspieszacz procesu wiązania. Zaletami systemu hydromechanicznego z powierzchni są duża wydajność dochodząca do 25 m³/h zaczynu spoiwowego, możliwość dostarczenia przy użyciu rozdzielacza materiału wiążącego do kilku odbiorców oraz transport materiału na odległość nawet powyżej 4 km. Do wad tego systemu należą: konieczność stosowania rur wysokociśnieniowych, przyspieszaczy procesu wiązania, możliwość powstawania korków oraz organizacja sposobu zagospodarowania wody po każdorazowym czyszczeniu rurociągu.

2.2. Transport hydromechaniczny z poziomu wydobywczego

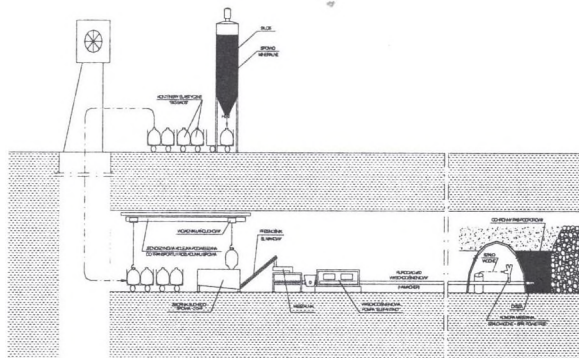
Idea transportu hydromechanicznego z poziomu wydobywczego polega na tłoczeniu za pomocą pompy rurociągami wysokociśnieniowymi o średnicy 50 mm mieszaniny spoiwa i wody (zaczynu spoiwowego) o odpowiedniej konsystencji do miejsca stosowania (od

kilkudziesięciu do kilkuset metrów). Zaczyn spoiwowy może być przygotowywany na powierzchni i transportowany grawitacyjnie rurociągiem do zbiornika umieszczonego w pobliżu pompy. Inny sposób przygotowywania zaczynu spoiwowego polega na transporcie spoiwa mineralnego z powierzchni w kontenerach elastycznych typu „big-bag” lub workach papierowych do wyrobiska w pobliżu mieszalnika pompy, następnie materiał wiążący wsypywany jest mechanicznie („big-bag”) lub ręcznie (worki papierowe) do mieszalnika, gdzie dodawana jest woda zarobowa, w celu uzyskania odpowiedniej konsystencji (rys. 1, fot. 2, 3). Tak przygotowany zaczyn spoiwowy transportowany jest za pomocą pompy wysokociśnieniowej do miejsca stosowania.



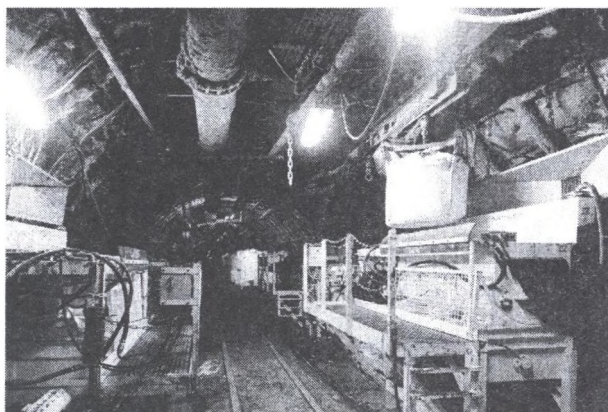
Fot. 1. Pompa do hydromechanicznego transportu zaczynu spoiwowego z powierzchni do podziemnych wyrobisk górniczych [Jahn]

Photo 1. The pump for hydromechanical conveying of binder agent grout from the surface to mine workings [Jahn]



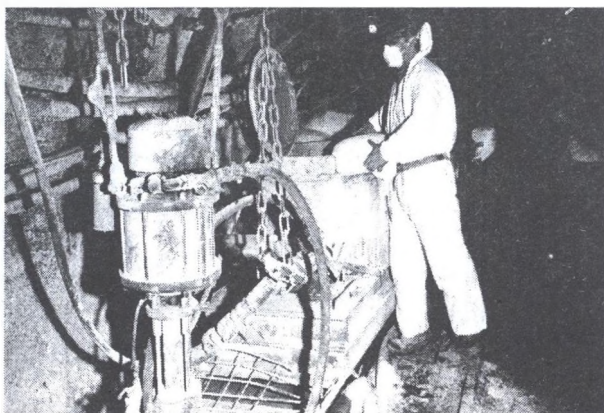
Rys. 1. Transport hydromechaniczny zaczynu spoiwowego z poziomu wydobywczego. Spoiwo mineralne transportowane jest z powierzchni do mieszalnika na poziomie wydobywczym w elastycznych kontenerach typu „big-bag”

Fig. 1. Hydromechanical conveying of the binding agent grout from the exploitation level. Binding agent is conveying in “big-bag” elastic container from the surface to the mixer



Fot. 2. Transport hydromechaniczny spoiwa z poziomu wydobywczego. Mechaniczny załadunek spoiwa z kontenerów elastycznych „big-bag” do mieszalnika pompy [Jahn]

Photo 2. Hydromechanical conveying of the binding agent from the exploitation level. Mechanical loading of the binding agent from elastic container to the pump's mixer [Jahn]



Fot. 3. Transport hydromechaniczny spoiwa z poziomu wydobywczego. Ręczny załadunek spoiwa workowanego do mieszalnika pompy [Jahn]

Photo 3. Hydromechanical conveying of the binding agent from the exploitation level. Manually loading of paper packed binding agent to the pump's mixer [Jahn]

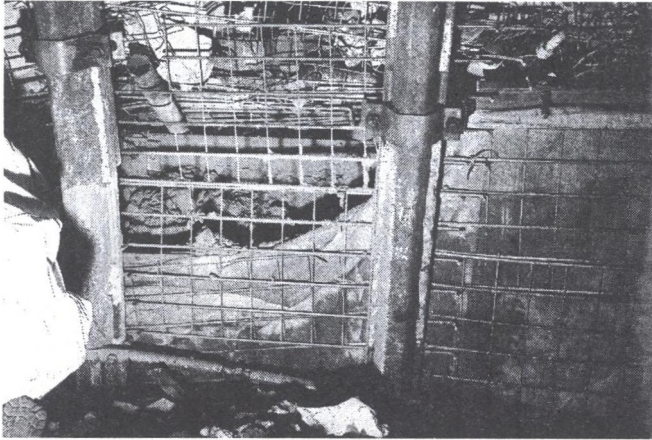
3. Transport hydromechaniczny spoiw w wybranych technologiach górniczych

Bezpieczna i ekonomiczna eksploatacja pokładów węgla kamiennego, utrzymywanie i ochrona wyrobisk korytarzowych oraz poprawa warunków bhp wymagają stosowania właściwych technologii (materiałów i urządzeń). Transport hydromechaniczny spoiw mineralnych sprawia, że zastosowana technologia jest skuteczna i przynosi oczekiwane efekty techniczno-ekonomiczne. Spoiwa mineralne znajdują zastosowanie w budownictwie

podziemnym do wykonywania: pasów ochronnych, pasów podporowych wzdłuż chodników przyścianowych ścian zawałowych, pasów izolacyjnych, tam izolacyjnych i przeciwwybuchowych, torkretu, iniekcji, a także do wzmacniania górotworu, wypełniania pustek za obudową (powiązania obudowy z górotworem) i kotwienia [2, 3, 7, 8].

3.1. Ochronne pasy podporowe

Ochronne pasy podporowe, wykonywane z materiału wiążącego bezpośrednio za postępem ściany, stanowią element utrzymania stateczności i funkcjonalności ruchowej wyrobiska korytarzowego, a zarazem element profilaktyki pożarowej i metanowej. Fotografia 4 przedstawia sposób wykonywania ochronnego pasa podporowego ze spoiwa mineralnego transportowanego hydromechanicznie do miejsca stosowania.



Fot. 4. Ochronny pas podporowy ze spoiwa mineralnego [Jahn]

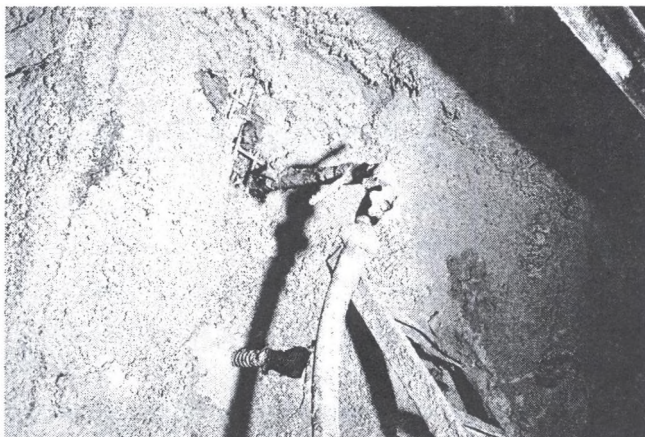
Photo 4. Roadside pack made from binding agent [Jahn]

3.2. Powiązanie obudowy z górotworem

Sposób wypełniania przestrzeni pomiędzy obudową wyrobisk korytarzowych a górotworem (wykładka) wpływa na skuteczność współpracy obudowy z górotworem. Według badań niemieckich przez stosowanie wykładki z mineralnych materiałów wiążących w wyrobiskach korytarzowych z obudową stalową odrzwiową uzyskuje się wzrost podporności obudowy od 4 do 7 razy w stosunku do podporności obudowy z wykładką kamienną. Zastosowanie spoiw mineralnych do powiązania obudowy z górotworem umożliwia skrócenie czasu jego wykonywania oraz zapewnia izolację wyrobiska od górotworu, co stanowi element profilaktyki pożarowej i metanowej.

3.3. Iniekcja górotworu zaczynem spoiwowym

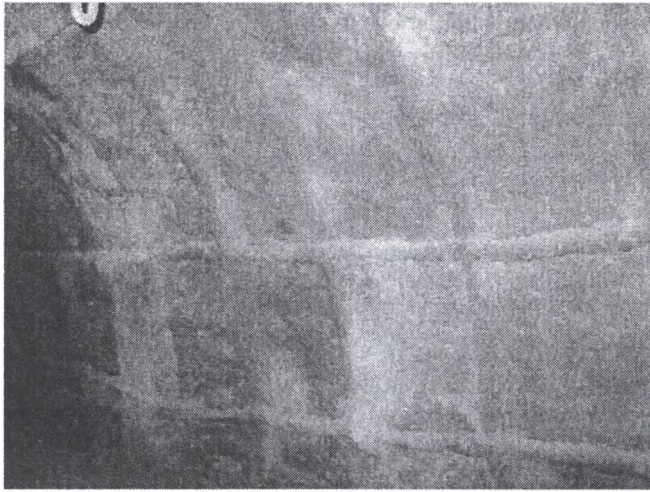
W przypadku gdy wyrobiska prowadzone są w skałach słabych, występuje niepożądane zjawisko powstawania spękań górotworu, szczelin, wyrw oraz pustek, a sytuacja ta jest niebezpieczna ze względu na możliwość gromadzenia się gazów wybuchowych oraz problemy z utrzymaniem odpowiednich gabarytów wyrobiska. Do stabilizacji górotworu przez doszczelnianie i klejenie skał stropowych oraz ociosowych, wypełnianie pustek i wyrw stosowane są zaczyny ze spoiw mineralnych.



Fot. 5. Stabilizacja górotworu zaczynem spoiwowym [Jahn]
Photo 5. Stabilizing of the rock mass by the binder agent grout [Jahn]

3.4. Torkret

Wykonywanie torkretu na ociosach i stropie wyrobisk korytarzowych ma na celu przede wszystkim izolację wyrobisk od spękanych skał górotworu, _calizny węglowej, w przypadku przecięcia wyrobiskami korytarzowymi pokładów, czy też zrobów. Torkret stanowi element profilaktyki pożarowej, a jego wykorzystanie przyczynia się do minimalizacji zagrożenia metanowego, wyeliminowania strat powietrza przy jednoczesnym ograniczeniu możliwości powstania pożarów przez samozapłon węgla i wydzielanie się gazów CO i CO₂ do wyrobisk korytarzowych. Torkret zabezpiecza również ociosy przed wietrzeniem oraz izoluje przecięte wyrobiskami korytarzowymi pokłady metanowe, nie dopuszcza do wydzielania się metanu z calizny węglowej. Równocześnie z wykonywaniem torkretu można uszczelniać spękany górotwór wokół wyrobisk przez wtłaczanie spoiw mineralnych.



Fot. 6. Torkret ze spoiwa mineralnego [Gabryś]
Photo 6. Binding agent's shotcrete [Gabryś]

4. Podsumowanie i wnioski końcowe

1. Wybór sposobu transportowania mineralnych spoiw górniczych powinien być dostosowany do warunków górniczo-geologicznych oraz możliwości technologicznych i ekonomicznych danej kopalni.
2. Stosowanie transportu hydromechanicznego spoiw mineralnych wymaga określenia wpływu wskaźnika w/s (konsystencji) oraz środków modyfikujących zaczyn spoiwowy, stosowanych na dole kopalni, na zmianę właściwości fizykomechanicznych zaczynów spoiwowych.
3. Rodzaj prac wykonywanych w podziemnych wyrobiskach górniczych (pasy podporowe, pasy izolacyjne, powiązanie obudowy z górotworem, torkret, wypełnianie pustek itp.) powinien decydować o wyborze rodzaju spoiwa i sposobie jego transportu w warunkach kopalnianych.

BIBLIOGRAFIA

1. Jahn Ch., Madaj M.: Transport hydrauliczny górnich spoiw mineralnych z powierzchni kopalni. VII Międzynarodowa Konferencja Szkoła Geomechaniki, Gliwice – Ustroń 2005 (materiały konferencyjne).
2. Madaj M., Klimas W.: Spoiwa mineralne w budownictwie podziemnym. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, s. Górnictwo, z. 246, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2000.
3. Madaj M., Klimas W.: Wpływ współczynnika w/s na wybrane właściwości spoiw popiołowo-cementowych. VII Międzynarodowa Konferencja Szkoła Geomechaniki, Gliwice – Ustroń 2005 (materiały konferencyjne).
4. Madaj M., Klimas W.: Wpływ szkła wodnego sodowego na zmianę właściwości zaczynów na bazie ziarnistego spoiwa górnich UTEX-TZ. XII Międzynarodowe Sympozjum Geotechnika-Geotechnics, 17 – 20 października Gliwice – Ustroń 2006.
5. Madaj M., Klimas W.: Wpływ szkła wodnego sodowego na wybrane właściwości spoiwa UTEX-15. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, s. Górnictwo, z. 271, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2006.
6. Madaj M., Klimas W.: Wpływ transportu hydraulicznego na zmianę właściwości górnich spoiw mineralnych. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, s. Górnictwo, z. 274, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2006.
7. Chudek M. i inni: Materiały stosowane w górnictwie z naturalnych i ekologicznie uciążliwych surowców. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 1995.
8. Chudek M. i in: Materiały w budownictwie geotechnicznym. T. III – Materiały i konstrukcje do utrzymania oraz likwidacji wyrobisk podziemnych. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2001.

Recenzent: Prof. dr Stanisław JANICZEK

Abstract

A basic method of transportation of mineral binding agents in hard coal mines has been presented in this paper. Mineral mining binders that are applied in underground building, characterize physical and mechanical properties, which in large degree depend on conveying system from surface or working level to underground mining excavations. Hydromechanical conveying of mineral binders depends on preparation on surface such consistency of the

binder agent grout that will make possible its dislocation by pumps and pipelines to place of applying in underground mining excavations. Consistency of the binder grout has an influence on its setting time prolongation and its compressive strength lowering. In this paper are also presented fields of application of binding agents in coal mine: roadside packs, explosion protection packs, support backfilling in roads and shafts, rock injections spraying work, rock bolt grouting and rock consolidation.