

Marian MADAJ, Wojciech KLIMAS  
Politechnika Śląska, Gliwice

## SPOIWA MINERALNE W BUDOWNICTWIE PODZIEMNYM

**Streszczenie.** W artykule przedstawiono klasyfikację i możliwości zastosowania mineralnych spoiw górniczych w warunkach górnictwa podziemnego do wykonywania ochronnych i izolacyjnych pasów podsadzkowych, torkretu osłonowego, tam izolacyjnych i przeciwpożarowych, powiązania obudowy z górotworem, korków w likwidowanych szybach itp.

## MINERAL BINDERS IN THE UNDERGROUND CONSTRUCTION

**Summary.** The paper presents classification and possibility of using mineral mining binders in underground conditions in mining.

### 1. Wstęp

Odpady energetyczne stanowiły w przeszłości problem ze względu nie tylko na ograniczoną powierzchnię składowania, lecz również na zagrożenie dla środowiska naturalnego. Obecnie w wyniku modernizacji procesów spalania i wprowadzania metod oczyszczania spalin odpady energetyczne stanowią pełnowartościowy surowiec dla cementowni, budownictwa i są gospodarczo wykorzystywane w technologiach górniczych.

Popioły lotne stanowią komponent do produkcji mineralnych popiołowo-cementowych materiałów wiążących zwanych spoiwami górniczymi. Właściwości chemiczne i fizyko mechaniczne zależą w dużej mierze od rodzaju stosowanych popiołów lotnych. Spoiwa górnicze znajdują od lat szerokie zastosowanie w budownictwie podziemnym do prac konstrukcyjnych i wypełniających.

## 2. Klasyfikacja spoiw mineralnych

Klasyfikacja spoiw mineralnych nie ma jednolitego charakteru, jest różna i zależna od rozpatrywanego kryterium. Może nim być rodzaj surowców użytych do produkcji spoiw, zachowanie się w wodzie, właściwości fizykomechaniczne czy wielkość uziarnienia.

Ze względu na środowisko, w jakim zachodzi proces wiązania i twardnienia, stosowany jest podział na spoiwa hydrauliczne i powietrzne. Spoiwa powietrzne po zarobieniu wodą mogą wiązać, a następnie twardnieć tylko w obecności powietrza atmosferycznego, natomiast hydrauliczne to takie, których proces wiązania i twardnienia może zachodzić zarówno pod wodą, jak i w obecności powietrza atmosferycznego.

Ze względu na rodzaj surowca, z którego zostały wykonane mineralne spoiwa powietrzne, dzielimy na: wapienne, gipsowe, anhydrytowe (magnezjowe), natomiast spoiwa hydrauliczne oparte są głównie na cementach.

Ze względu na wielkość uziarnienia spoiwa mineralne dzielimy na [1]: pyłaste (wielkość ziarn  $d < 1$  mm) i ziarniste (wielkość ziarn  $d > 1$  mm).

Na potrzeby budownictwa podziemnego stosowana jest klasyfikacja uwzględniająca szybkość narastania wytrzymałości na ściskanie w czasie, która przyjmuje następujące kryteria [2]:

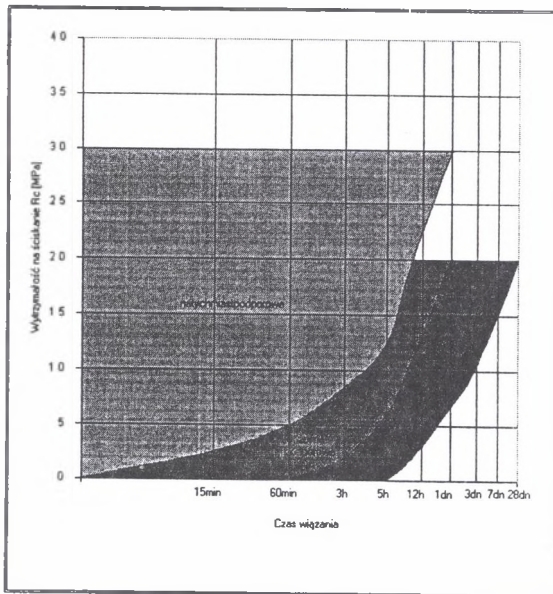
**spoiwa natychmiastpodporowe** - uzyskują po około 15 min do 1 h wytrzymałość na ściskanie  $R_c = 2$  MPa, po czasie 3 - 5 godzin  $R_c$  od 7,5 do 10 Mpa, a po 24 h wytrzymałość około 30 MPa;

**spoiwa wczesnopodporowe** - uzyskują po czasie 3-5 godzin wytrzymałość na ściskanie  $R_c = 2$  MPa do 5 MPa, w po 24 do 48 h  $R_c = 15 - 20$  MPa;

**spoiwa późnopodporowe** - uzyskują po czasie 24 h wytrzymałość na ściskanie co najmniej  $R_c = 5$  MPa, po 48 h  $R_c = 8$  MPa, po 7 dniach  $R_c = 14$  MPa, a po 28 dniach  $R_c = 20$  MPa;

**spoiwa wypełniające** - wszystkie pozostałe, w tym ekspansywne należą do grupy spoiw wypełniających.

Powyższa klasyfikacja zobrazowana została na rys.1.



Rys.1. Klasyfikacja spoiw mineralnych na potrzeby budownictwa podziemnego [2]

Ze względu na rodzaj surowców, z których powstały, w budownictwie podziemnym stosuje się następujące rodzaje spoiw mineralnych:

- **spoiwa anhydrytowe**, które dzielą się na:
  - *aktywowane spoiwa anhydrytowe* (mączka anhydrytowa z dodatkiem aktywatora chemicznego),
  - *ziarniste spoiwa anhydrytowe* (mączka anhydrytowa zmieszana z kruszywem anhydrytowym),
- **spoiwa na bazie cementu**, np. spoiwa górnicze typu Utex powstałe na bazie popiołów lotnych z elektrofiltrów z dodatkiem cementów wysokich klas wytrzymałości oraz aktywatorów chemicznych.

### 3. Zastosowanie spoiw mineralnych w budownictwie podziemnym

Spoiwa mineralne w budownictwie podziemnym stosuje się do:

- wykonywania ochronnych i izolacyjnych pasów podsadzkowych wzdłuż chodników przyścianowych ścian zawałowych,
- budowy tam izolacyjnych i przeciwwybuchowych,
- wykonywania torkretu osłonowego i izolacyjnego,

- izolowania pokładów przecinających wyrobiska korytarzowe,
- wypełnienia przestrzeni pomiędzy obudową a górotworem (wykładka),
- wypełniania wyrw i pustek w górotworze,
- uszczelniania zrobów ścian zawałowych,
- doszczelniania korków izolacyjnych,
- likwidacji szybów.

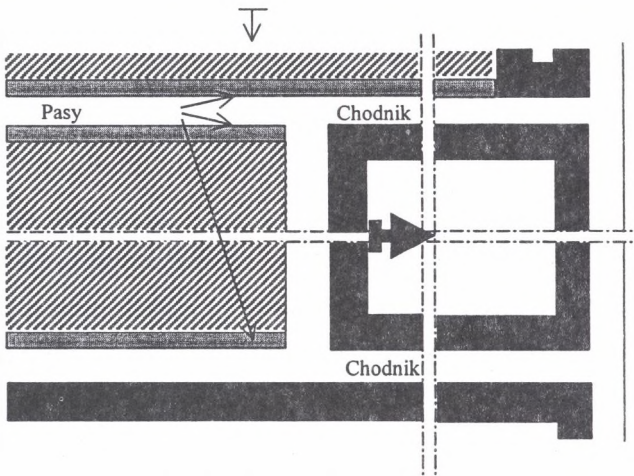
### **3.1. Ochronne i izolacyjne pasy podsadzkowe wzdłuż chodników przyścianowych ścian zawałowych**

Prowadzenie robót eksploatacyjnych na dużych głębokościach związane jest ze zwiększonym ciśnieniem górotworu na obudowę wyrobisk przyścianowych. Obserwacje współpracy obudowy z górotworem wykazują, że w trudnych warunkach górniczo-geologicznych zarówno zwiększenie masy jednostkowej obudowy, jak i maksymalne zagęszczanie odrzwi nie doprowadziło do opanowania ciśnień górotworu. Jak potwierdza praktyka, koszty przebudowy silnie zaciśniętych wyrobisk są wyższe od pierwotnych kosztów ich drażenia, zwłaszcza wtedy gdy przebudowę prowadzi się podczas użytkowania tych wyrobisk.

Mając na uwadze minimalizację wpływów ciśnień górotworu na obudowę wyrobisk chodnikowych zaczęto poszukiwać innych mniej kosztownych metod. Jednym z możliwych rozwiązań jest prowadzenie chodników przyścianowych razem z czołem ściany, tak aby obudowa chodnikowa była montowana poza strefą szczytową fali ciśnienia eksploatacyjnego. Praktyka górnicza potwierdziła, że zabieg ten umożliwia zmniejszenie końcowej konwergencji tych wyrobisk o 20 – 30 %.

Innym sposobem zmniejszenia konwergencji wyrobisk przyścianowych jest stosowanie - w trakcie wykonywania wyrobiska korytarzowego udostępniającego - wykładki z mineralnych materiałów wiążących (zamiast tradycyjnej wykładki kamiennej), a później w czasie eksploatacji ściany wykonywanie pasów ochronnych z materiałów wiążących (rys.2).

Wykonane pasy podporowe pozwalają na: ograniczenie skutków deformacyjnych ciśnień górotworu, skuteczne izolowanie zrobów zawałowych, zmniejszenie zagrożenia gazowego i pożarowego.



Rys. 2. Ochronne pasy podsadzkowe wzdłuż chodników przyścianowych ścian zawałowych

Skuteczność ochronnego pasa zależy nie tylko od parametrów fizykomechanicznych stosowanego spoiwa mineralnego, ale także od odległości wykonywanego pasa od czoła ściany. Doświadczenia praktyczne wskazują, że ochronny pas podsadzkowy należy wykonywać, bezpośrednio za postępem ściany, tak aby nie dopuścić do obniżenia się stropu oraz rozluźnienia skał warstw stropowych górotworu.

Istotnym parametrem dla utrzymania prawidłowego stanu wyrobiska jest szerokość ochronnego pasa podsadzkowego. Według [2] szerokość pasa zależy od: kąta upadu, zwięzłości skał spągowych wg skali Protodiakonowa, wysokości wybieranej przestrzeni, systemu eksploatacji, głębokości zalegania i szerokości chronionego wyrobiska korytarzowego, a także od wytrzymałości na ściskanie stosowanego materiału.

Najważniejszą cechą materiału stosowanego do wykonywania ochronnego pasa podsadzkowego jest dynamika narastania wytrzymałości na ściskanie, szczególnie w początkowym okresie twardnienia. Stosowane spoiwa powinny się charakteryzować dużą dynamiką narastania wytrzymałości i wysoką wytrzymałością końcową. Obecnie, przy wysokiej koncentracji wydobywania, ma to szczególne znaczenie, gdyż postępy ścian są duże.

Istnieje wiele czynników mających wpływ na parametry wytrzymałościowe ochronnego pasa podsadzkowego (warunki górniczo-techniczne, hydrogeologiczne, rodzaj stosowanego transportu, konsystencja, rodzaj stosowanej wody itp.).

Analiza parametrów technicznych ochronnego pasa podsadzkowego musi być dokonywana każdorazowo dla konkretnych warunków dołowych.

### **3.2. Tamy izolacyjne i przeciwybuchowe**

Tamy izolacyjne są wykonywane ze spoiw mineralnych późnopodporowych lub wypełniających. Mają na celu odizolowanie wyrobisk wentylacyjnie nieczynnych oraz pól pożarowych, w których zachodzi prawdopodobieństwo wystąpienia mieszaniny gazów niebezpiecznych, od wyrobisk wentylacyjnie czynnych.

Tamy izolacyjne o konstrukcji przeciwybuchowej są wykonywane ze spoiw natychmiastpodporowych lub wczesnopodporowych o wysokiej dynamice narastania wytrzymałości na ściskanie i wysokiej wytrzymałości końcowej. Przeznaczone są do zabezpieczania zrobów lub nieczynnych wyrobisk, w których zachodzi prawdopodobieństwo wystąpienia mieszaniny gazów wybuchowych i może dojść do wybuchu tych gazów.

### **3.3. Torkret osłonowy**

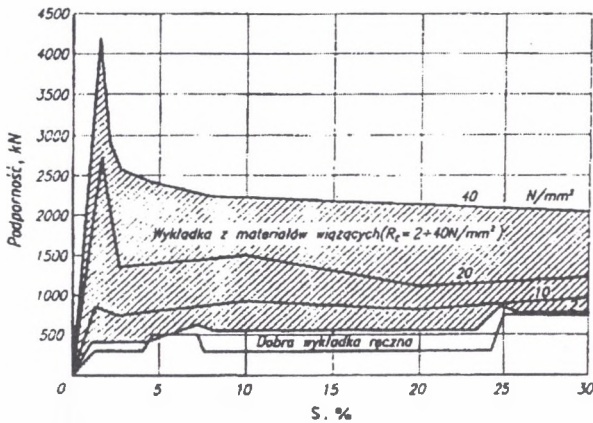
Torkret osłonowy wykonuje się jako element poprawy profilaktyki pożarowej, a jego wykorzystanie przyczynia się do wyeliminowania strat powietrza przy jednoczesnym ograniczeniu możliwości powstania pożarów przez samozapłon węgla i wydzielanie się gazów CO i CO<sub>2</sub> do wyrobisk korytarzowych. Torkret zabezpiecza również ociosy przed wietrzeniem oraz izoluje przecięte wyrobiskami korytarzowymi pokłady metanowe, nie dopuszcza do wydzielania się metanu z calizny węglowej. Wykonanie torkretu może być połączone z uszczelnianiem skał wokół wyrobisk poprzez wtlaczanie w zroby materiałów wiążących. Może być on wykonany przy zastosowaniu spoiw późnopodporowych lub wypełniających.

### **3.4. Powiązanie obudowy z górotworem (wykładka)**

W górnictwie polskim powszechnie stosowana jest obudowa stalowa typu ŁP z wykładką kamienną. Wykładka ta charakteryzuje się ściślnością rzędu 50 do 70%. Przy wykładce kamiennej współpraca obudowy z górotworem jest bardzo niekorzystna ze względu na nierównomierne rozłożenie ciśnień na obudowę. Niekorzystne punktowe

obciążenia powodują przedwczesną deformację obudowy, a w końcowej fazie utratę jej stateczności. Zwiększenie stateczności obudowy stalowej wyrobisk korytarzowych można osiągnąć poprzez zastąpienie tradycyjnej wykładki kamiennej wykładką ze spoiw mineralnych (rys 3).

Według badań niemieckich poprzez stosowanie wykładki z materiałów wiążących w wyrobiskach korytarzowych z obudową stalową odrzwiową uzyskuje się wzrost podporności obudowy od 4 do 7 razy w stosunku do obudowy z wykładką kamienną. Ponadto następuje zmniejszenie konwergencji wyrobiska, ilości zużywanego stali 3- do 4-krotnie do całkowitej ilości stali, jaką trzeba zużyć na zapewnienie funkcjonalności wyrobiska przez wymagany okres jego istnienia, ilości wydzielających się gazów do wyrobiska, zagrożenia pożarowego. Zwiększa się stopień ponownego wykorzystania obudowy z likwidowanych wyrobisk.



Rys.3. Wpływ rodzaju stosowanej wykładki na wzrost podporności obudowy

### 3.5. Wypełnianie pustek w górotworze

W przypadku gdy wyrobiska prowadzone są w skałach słabych, występuje niepożądane zjawisko powstania wyrw i pustek w stropie. Miejsca te są niebezpieczne ze względu na możliwość gromadzenia się w nich gazów, szczególnie niebezpiecznego metanu.

Do wypełniania pustek i wyrw można stosować spoiwo mineralne o charakterze wypełniającym lub materiały posiadające właściwości ekspansywne. Stosowanie spoiw

mineralnych umożliwia dokładne wypełnienie pustek i wyrw, co wpływa na wyeliminowanie lub maksymalne ograniczenie zagrożeń.

#### 4. Wnioski końcowe

1. Górnice spoiva mineralne ze względu na swoje właściwości znajdują szerokie zastosowanie w budownictwie podziemnym jako materiał o charakterze konstrukcyjnym lub wypełniającym.
2. Górnice spoiva mineralne stosowane są do: wykonywania ochronnych i izolacyjnych pasów podsadzkowych wzdłuż chodników przyścianowych ścian zawałowych, budowy tam izolacyjnych i przeciwwybuchowych, wykonywania torkretu osłonowego i izolacyjnego, wypełnienia przestrzeni pomiędzy obudową a górotworem (wykładka), wypełniania wyrw i pustek w górotworze, uszczelniania zrobów ścian zawałowych, doszczelniania korków izolacyjnych, likwidacji szybów .
3. Do produkcji spoiw górnicznych typu „Utex” wykorzystuje się odpady energetyczne w postaci popiołów lotnych, co wpływa na poprawę stanu środowiska naturalnego na powierzchni.

#### LITERATURA

1. Schroer D., Bolesta M.: Der Verarbeitungseinfluß auf die Festigkeit und das Gefüge von Baustoffen. Glückauf 132,1996.
2. Götze W., Buschmann N., Schroer D.: Ausbautechnische Anforderungen an Baustoffe im Bergbau. Glückauf 120,1984.
3. Janiczek S.: Materiałoznawstwo z chemią w górnictwie Skrypt Nr 1403 Politechniki Śląskiej, Gliwice 1988.
4. Chudek M., Madaj M., Majchrzak R., Klimas W.: Spoiwa mineralne do wykonywania ochronnych pasów podsadzkowych wzdłuż chodników przyścianowych ścian zawałowych. Ostrava 1995. Materiały Konferencyjne.
5. Król R., Madaj M.: Mineralne spoiwa górnice Utex-1, Utex-5, Utex-15. Budownictwo Górnicze i Tunelowe, Katowice 1/96.



**Abstract**

The article includes the classification of the mineral binders regarding the dynamics of the compressive strength increase and therefore getting the following binders:

- of immediate support
- of an early support
- of late support
- filling

Each of those binders is characterised by quicker or slower compressive strength resistance in time. The possibilities of mining mineral binders use in the underground constructions were presented. It includes the construction of the protective and insulating packwalls along the headings of longwalls, the construction of the shield shotcretes, filling the space between the lining and the rock mass, filling the breaches and gaps in the rock mass. For each of the above mentioned uses, the mineral binders should be introduced choosing their features according to the mining – technical conditions and according to the basic criterion, i.e. the dynamics of the compressive strength increase in time. Using the mining mineral binders limits the deformation of longwalls, it positively influences the climatic conditions in the headings and it also constitutes an important element of the fire and methane prevention.