

# PRZEGLĄD GÓRNICZY

założono 01.10.1903 r.

MIESIĘCZNIK STOWARZYSZENIA INŻYNIERÓW I TECHNIKÓW GÓRNICZWA

Nr 7 (1172)

lipiec 2020

Tom 76 (LXXVI)

## Uzupełnianie pustek za obudową wyrobisk z zastosowaniem pojemników wypełniająco-podpornościowych PILLOW BAG® na przykładzie KWK Piast-Ziemowit Ruch Ziemowit

Filling of hollow cavities between arch supports and rock mass using PILLOW BAG® filling, supportive containers in Ziemowit part of Piast-Ziemowit coal mine



*Mgr inż. Adam Rozmus\*)*



*Mgr inż. Henryk Kuźma\*\*)*



*Mgr inż. Anna Wierciuch-Głuch\*\*)*



*Mgr inż. Jacek Maślanka\*)*

**Treść:** W artykule przedstawiono zastosowanie pojemnika wypełniająco-podpornościowego, który pozwala na uzupełnienie powstających pustek za obudową górniczą, zabezpieczając przy tym wyrobisko przed wystąpieniem opadu skał stropowych. Sposób wykorzystania worka wypełniająco-podpornościowego PILLOW BAG® polega na aktywacji czynnika A i B poprzez zmieszanie ich wewnątrz worka. Zmieszane czynniki wchodzi w reakcję, która zamienia ciecz w pianę wypełniającą worek. Worki wypełniająco-podpornościowe są produktem innowacyjnym w górnictwie podziemnym. Wykorzystanie pojemników w różnych warunkach górniczo-geologicznych pozwoli na określenie wad i zalet tego produktu.

**Abstract:** The article presents application of PILLOW BAG® filling, supportive containers used for filling of hollow cavities between arch supports and rock mass as a method of roof fall prevention. The general principle of operation of PILLOW BAG's ® involves mixing two components (component A and component B) inside the container. Mixing initializes chemical reaction, turning liquid into the foam which fills up the bag. PILLOW BAG® containers are an innovative solution gaining new, underground mining market. Tests of the containers in different coal mines and various underground conditions will allow to specify all the advantages and disadvantages of this solution.

\*) Polska Grupa Górnicza S.A. Oddział KWK Piast-Ziemowit

\*\*\*) DSI Schaum Chemie sp. z o.o.

**Słowa kluczowe:**

obudowa górnicza, opad skał, zabezpieczenie stropu, profilaktyka zagrożeń

**Keywords:**

mining support, roof fall, roof securing, hazards prevention

## 1. Wprowadzenie

Głównym celem obudowy górniczej jest zapewnienie w określonym czasie stateczności wyrobiska tzn. zachowania jego wymiarów przekroju poprzecznego dla zabezpieczenia ludzi, maszyn i urządzeń przed obrywającymi się odłamkami skalnymi i zawałami. Przepisy górnicze jednoznacznie określają sposób wykonania obudowy poprzez zapis nakazujący wypełnianie przestrzeni między obudową a wyłomem. Dobór oraz poprawność wykonania są kluczowymi elementami wpływającymi na zmianę obciążenia wskutek skutecznego deformowania się warstw górotworu wokół wyrobiska.

W artykule przedstawiono wykorzystanie pojemnika wypełniająco-podpornościowego PILLLOW BAG® jako alternatywy dla dotychczas stosowanych rozwiązań przy usuwaniu skutku opadu mas skalnych.

Nowatorski sposób podejścia dotyczy wyeliminowania konieczności stosowania pomp iniekcyjnych i układów ich zasilania, co znacznie skraca czas wypełniania pustki.

Z wieloletniego doświadczenia kopalni Piast-Ziemowit wynika, że słabe skały stropowe są powodem powstawania obwałów, do których dochodzi poprzez odspajanie się łupków ilastych. Wystąpienie obwałów skał stropowych powoduje podjęcie działań związanych z jego zabezpieczeniem, takich jak szynowanie czy pianowanie powstałej pustki. Aktualnie wykonywane sposoby zabezpieczania wyrobisk są metodami czasochłonnymi. Kluczowe podczas wystąpienia obwałów jest natychmiastowe zadziałanie rozszerzaniu się problemu, im dłuższy czas od przygotowania się do zabezpieczania stropu aż do realizacji zadania, tym większa strefa spękań powstająca w miejscu braku styczności stropu bezpośredniego z obudową łukową lub też obudową zmechanizowaną.

Podczas sytuacji związanej z obwałem, zachodzi potrzeba dostarczenia materiału niezbędnego do zabezpieczenia stropu. Dostawa materiału do miejsca obwałów oraz wykorzystanie pompy, niezbędnej do wykonania zabezpieczenia stropu jest czasochłonne i generuje dodatkowe koszty. Sposobem alternatywnym jest wykorzystanie pojemników wypełniająco-podpornościowych PILLLOW BAG®. Pojemniki te idealnie nadają się do wypełniania powstałych pustek czy też kasztowania obwałów. Niska waga worka pozwala na bardzo szybki transport do miejsca docelowego, a reakcja i spienienie się substancji powoduje ekspresowy sposób zabezpieczenia stropu. Worki wypełniająco-podpornościowe mogą być przechowywane w obrębie prowadzonych robót na stacjach materiałowych czy w miejscach przeznaczonych do składowania narzędzi, jest to ogromna zaleta związana z ogólnodostępnością produktu. Ogólnodostępność zmniejsza jednocześnie ponoszenie kosztów związanych z logistyką materiałów, a wykonanie samej pracy związanej zabezpieczeniem pustki przy pomocy worka pianowego skraca się do minimum.

## 2. Opad skał stropowych jako problem do rozwiązania

Konieczność zapewnienia kontaktu obudowa – górotwór na etapie zarówno wykonania jak i eksploatacji jest podstawowym kryterium poprawności wykonanych robót. (Rozporządzenie 2016). Opad skał stropowych to odspajanie się części stropu bezpośredniego w postaci odłamków skał,

łat skalnych czy brył skalnych, powodujące powstanie pustek i przerwanie ciągłości robót.

### Dotychczas stosowane rozwiązania w przeciwdziałaniu opadowi skał stropowych:

- prawidłowo zabudowane odrzwia obudowy,
- stosowanie wykładki stropu,
- iniekcja górotworu,
- prętowanie,
- szynowanie.

Problem opadu skał stropowych dotyczy zarówno drążenia nowych chodników, przebudowy obudowy wyrobisk, jak również prowadzenia ścian wydobywczych. Miejscem szczególnie narażonym na występowanie pustek jest skrzyżowanie ściana – chodnik. Ze względu na koncentrację naprężeń pochodzących od chodnika i od frontu eksploatacyjnego oraz konieczność stosowania obudowy tymczasowej poprawność wykonania zabudowy tych skrzyżowań wpływa na proces przekładki przenośnika ścianowego w krańcowych jej odcińkach, a tym samym na wykony frontów eksploatacyjnych.

Zapewnienie prawidłowej geometrii sekcji obudowy zmechanizowanej limitowane jest często warunkami stropowymi. Zjawiskiem niepożądanym są opady stropu w ścianach powodujące w konsekwencji obwały, dlatego też tak istotne jest szybkie podejmowanie działań dla ich wyeliminowania.

Dla poprawności stosowanych rozwiązań niezwykle istotnym, a niejednokrotnie decydującym jest czas reakcji pozwalający na ograniczenie dalszego rozprzestrzeniania się opadu. W przedstawionych doświadczeniach dotyczących środków chemicznych czynnikiem niezbędnym są zarówno sprawne urządzenia zatłaczające, jak i medium zasilające w postaci bądź to sprężonego powietrza, bądź ciśnienia hydraulicznego emulsji zasilającej pompę. Dodatkowo na czas wykonania ma wpływ kwestia transportu poszczególnych komponentów potrzebnych do prac.

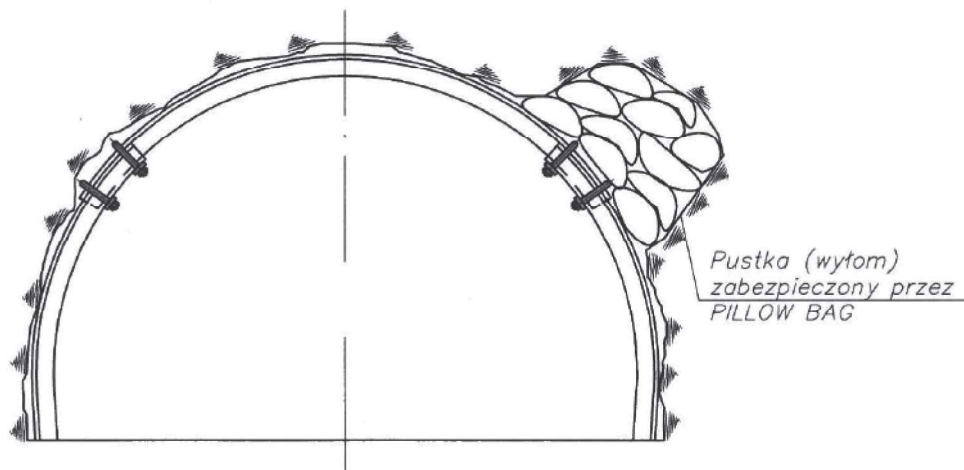
### Przyczyny powstawania opadów skał stropowych:

- zaburzenia geologiczne,
- zbyt długi czas otwarcia stropu,
- mała wytrzymałość skał stropowych,
- występowanie przerostów,
- mała podporność sekcji obudowy zmechanizowanej,
- eksploatacja w oddziaływaniu krawędzi pokładu.

Dla ograniczenia opadu skał stropowych niezbędna jest analiza wyżej wymienionych czynników, nie zawsze jednak możliwe jest ich całkowite wyeliminowanie. Najłatwiejszym czynnikiem ze względu na występujące zaburzenia jest rozcięcie złoża. Rozcięcie można dostosować do występujących uskoków w projektowanym polu eksploatacyjnym. Można również stosować doraźną iniekcję górotworu w celu zapobiegania odspajaniu się skał (Prusek 2014).

## 3. Charakterystyka pojemnika wypełniająco-podpornościowego PILLLOW BAG®

Pojemnik wypełniająco-podpornościowy wypełniony pianą przeznaczony jest do wypełniania pustek w górotworze, zwłaszcza wokół obudowy górniczej (rys. 1). Znajduje zastosowanie także jako wypełnienie kasztów, tam oraz do budowy zawarć, przegród i wygradzeń. Posiada konstrukcję jednokomorową



Rys. 1. Przykład zastosowania pojemników wypełniająco-podpornościowych (Instrukcja ... 2019)  
Fig. 1. Exemplary use of containers

i służyć może także do pionowania obudowy. Pojemnik wypełniająco-podpornościowy nie wymaga zastosowania pomp lub innych urządzeń podających. Mieszanie składników odbywa się w sposób ręczny poprzez dynamiczne potrząsanie całym workiem. Pojemnik wypełniająco-podpornościowy wykonany jest w sposób umożliwiający jego szczelne wypełnienie oraz odpowietrzenie, zarówno przez materiał jak i opcjonalnie przez odpowietrznik. Nie przecieka w trakcie wypełniania i nie ulega rozerwaniu po jego napełnieniu.

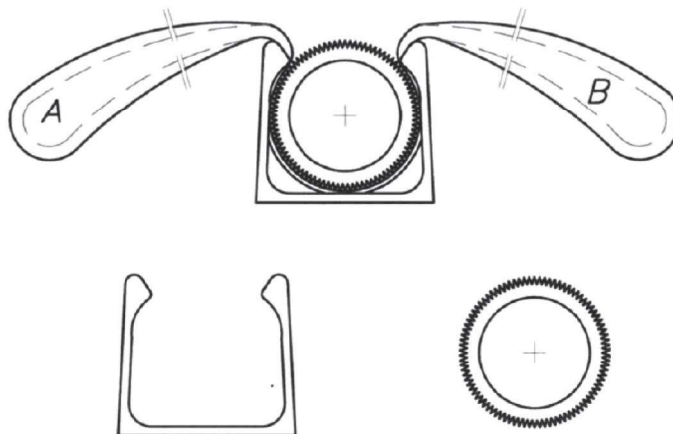
#### Podstawowe dane techniczne:

- czas startu reakcji od 10 - 15 sekund,
- czas wzrostu piany około 30 - 45 sekund,
- czas utwardzania piany do 2 minut,
- stopień spienienia od 30 do 40 razy,
- wytrzymałość produktu od 0,05 do 0,035 MPa,
- trwałość gotowej piany minimum 12 miesięcy,
- temperatura reakcji wewnątrz pojemnika nie przekracza 80°C,
- worek posiada zatrzask uniemożliwiający wymieszanie się komponentów podczas transportu,
- tkanina wykonana z materiałów antyelektrostatycznych i trudnopalnych,
- karton zbiorczy o masie poniżej 25 kg,
- czas ważności produktu to 12 miesięcy.

#### 4. Sposób działania PILLOW BAG®

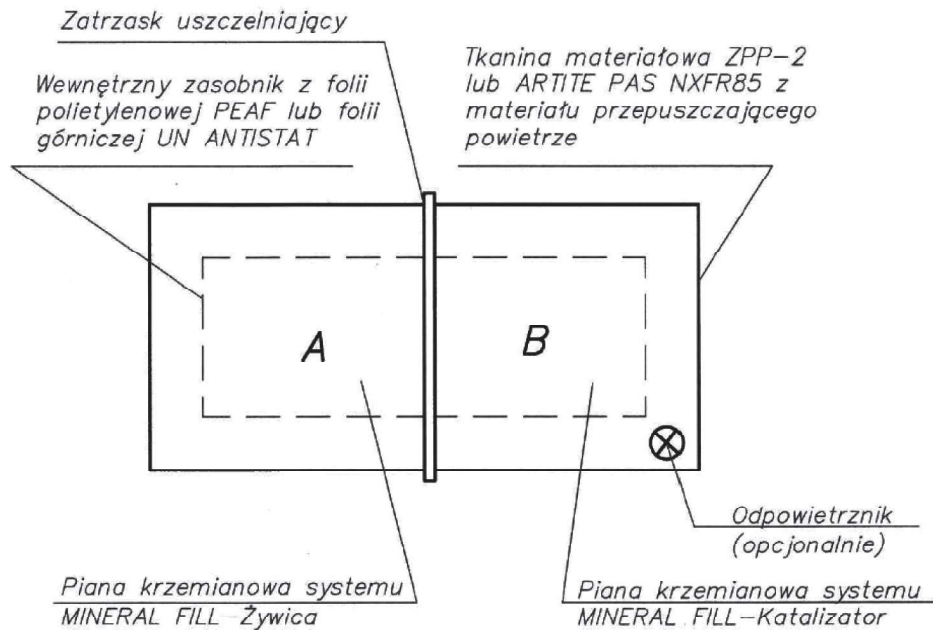
Pojemnik wypełniająco-podpornościowy jest to worek wykonany z tkaniny nieprzepuszczalnej podzielonej na dwie części A i B. Zarówno część A, jak i część B pojemnika wypełniona jest środkiem z tworzywa mineralnego, które po zmieszaniu wchodzi w krótką, lecz bardzo efektywną reakcję chemiczną. Reakcja polega na wymieszaniu części A (żywica – szkło wodne z dodatkiem uszlachetniającym) z częścią B (katalizator – izocyjanian z dodatkiem uszlachetniającym) poprzez wypięcie zatrzasku uszczelniającego, oddzielającego dwa składniki od siebie. (Instrukcja ... 2019)

Po zwolnieniu zatrzasku następuje łączenie się składników. Do skutecznego połączenia się dwóch składników niezbędne jest wykonanie energicznych ruchów przez dwie osoby trzymające końce worka PILLOW BAG® (Instrukcja ... 2019). Energiczne wstrząsy trwają od 10 do maksymalnie 20 sekund, jest to czas wystarczający do zapewnienia odpowiedniego wymieszania komponentów. Aktywacja komponentów następuje po około 30 do 45 sekund od wykonania dynamicznego potrząsania, wtedy worek wypełnia się pianą krzemionową MINERAL FILL. Pojemnik umieszcza się w miejscach takich jak pustka nad obudową ŁP, w zrobach, jako kaszt przy wypełnianiu dużych pustek powstałych nad obudową (umieszczanie pojemnika jeden nad drugim jak na



Rys. 2. Zatrzask uszczelniający (oddzielający składnik A od składnika B)  
(Instrukcja ... 2019)

Fig. 2. Sealing latch (separates component A from component B)



Rys. 3. Schemat pojemnika wypełniająco-podpornościowego (Instrukcja ... 2019)

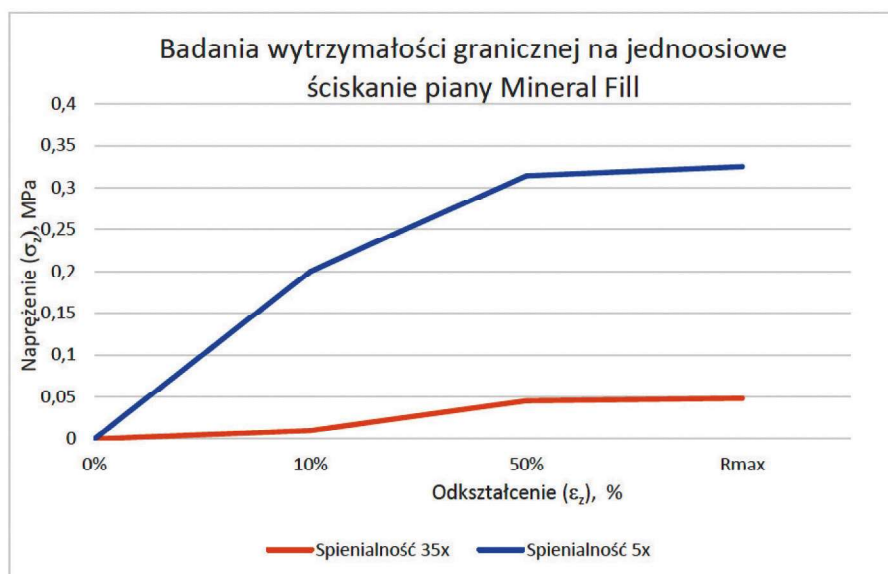
Fig. 3. Diagram of the filling container

rysunku nr 2). Elastyczność pojemnika umożliwia dopasowanie się do pustej przestrzeni, a łatwość układania, niewielki ciężar pojemnika pozwala na szybką, sprawną i bezpieczną pracę osób, bez konieczności narażania ich na dodatkowe niebezpieczeństwo w pracach szczególnie niebezpiecznych. Pojemnik po tzw. zabudowaniu w miejscu docelowym zaczyna rosnąć do momentu aż ciśnienie wewnątrz worka aktywuje odpowietrznik, który odprowadza do atmosfery kopalnianej opary wody wytworzone podczas reakcji. Sama reakcja przebiega wewnątrz pojemnika. Temperatura reakcji wewnątrz pojemnika nie przekracza 800°C.

Szybki proces wiązania i przyrost wytrzymałości zwiększa pewność i bezpieczeństwo prowadzonych robót górniczych przy zachowaniu szybkiego tempa prowadzenia prac. Produkt

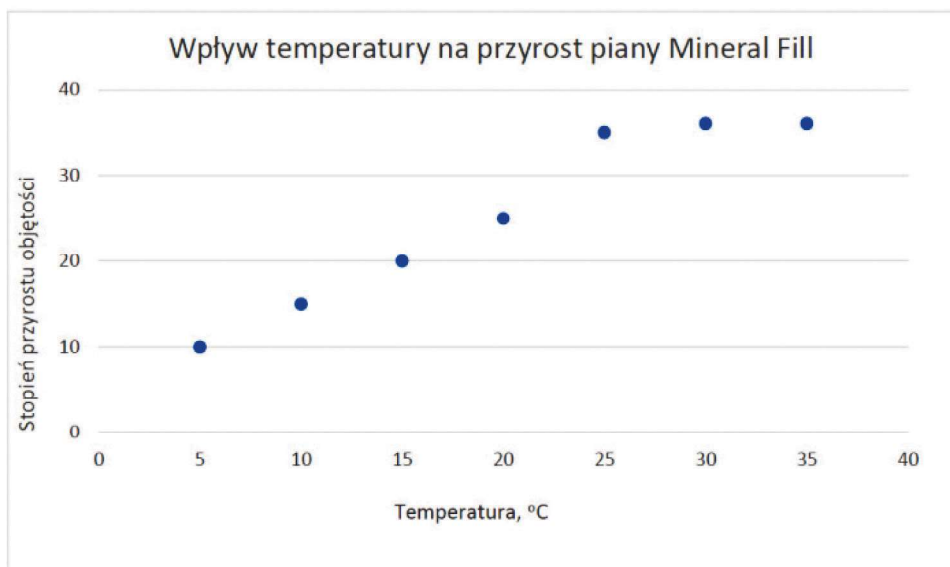
charakteryzuje się wytrzymałością mechaniczną i odpornością na działanie wody i jej roztworów oraz wysoką wydajnością od 10 do 35. krotnemu spienieniu (w zależności od temperatury komponentów) przy zachowaniu odpowiedniej wytrzymałości (rys. 4). Istotną cechą jest również jego niska temperatura reakcji (Karta ... 2019).

Wpływ temperatury na przyrost piany podczas reakcji zachodzącej po zmieszaniu się dwóch komponentów. Z badań przeprowadzonych przez producenta wynika, że temperatura w wyrobisku może wpłynąć na stopień przyrostu objętości pojemnika. Badania pokazały, że temperatura zapewniająca prawidłowy przyrost objętości, a co za tym idzie, odpowiednią podporność pojemnika to temperatura powyżej 25°C (rys. 5).



Rys. 4. Wykres wytrzymałości granicznej pojemnika PILLOW BAG®

Fig. 4. Maximum strength diagram of the filling container PILLOW BAG®



Rys. 5. Wykres badania zależności temperatury od stopnia przyrostu objętości

Fig. 5. Graph of testing the temperature dependence on the degree of volume increase



Zdj. 1. Pojemnik z prawidłowym przyrostem objętości

Photo 1. Correctly filled container

## 5. Przebieg testu w warunkach dołowych

Pojemniki PILLOW BAG® zostały zastosowane w warunkach dołowych pokładu 215. Pojemniki wypełniająco-podpornościowe zostały zaprezentowane całej pracującej na zmianie I brygadzie przodkowej oraz osobom dozoru Ruchu Ziemowit. Przed przystąpieniem do prac przedstawiciele producenta wykonali krótkie szkolenie załogi.

Miejszem pierwszego wypełnienia pustki było naroże poszerzenia przeznaczonego pod napęd przenośnika taśmowego (zdj. 2). Pustka została pozostawiona w miejscu zmiany formatu obudowy z ŁP13/V29/4/A na obudowę ŁP10/V29/A.

Na zdjęciu nr 2 przedstawiono opisaną wcześniej pustkę. Do wykonania pracy brygada przodkowa z pomocą przedstawicieli firmy wykorzystwała rusztowanie warszawskie, a pracująca załoga została zabezpieczona szelkami przeznaczonymi do pracy na wysokości. Cała praca, jaką wykonała brygada trwała nie więcej niż 5 minut, licząc od momentu rozpoczęcia mieszania pojemnika. Po rozmieszaniu komponentów pojemnika siatka zgrzewana została rozsunięta, tworząc przestrzeń o wymiarach około 30 cm na 10 cm. Przestrzeń ta umożliwiła włożenie nienapężonego jeszcze worka do pustki. Worek po włożeniu do pustki i odczekaniu około 30 sekund rozpoczął swoją reakcję. PILLOW BAG® wypełnił pustkę i jednocześnie zapewnił bezpośredni kontakt obudowy z górotworem (zdj. 3).

Drugim miejscem zastosowania pojemników PILLOW BAG® była pozostawiona nad obudową przestrzeń niemająca bezpośredniego kontaktu z łukiem obudowy ŁP. Brygada przodkowa już w sposób samodzielny wykonała prace pod nadzorem przedstawicieli producenta. Sprzęt do wykonania pracy był identyczny jak przy badaniu nr 1. Podczas badania nr 2 w stopie wyrobiska zostały zastosowane dwa worki wypełniająco-podpornościowe.

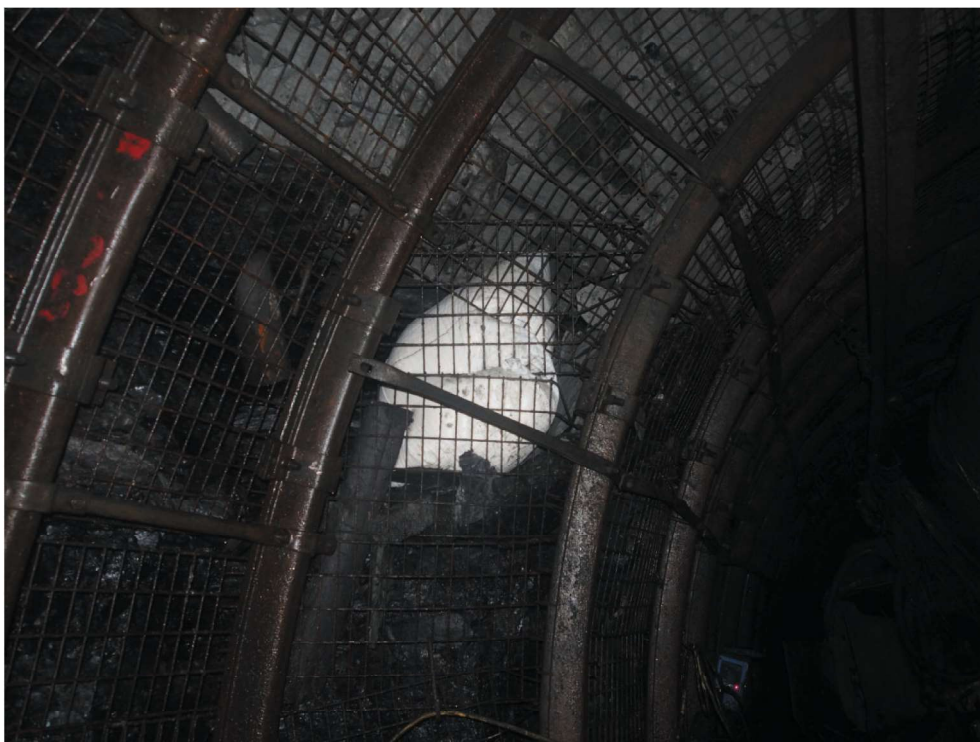
## 6. Wyniki przeprowadzonych prób - uwagi do zastosowanego rozwiązania.

PILLOW BAG® spełnia swoje zadanie związane z wypełnianiem pustek i zapewnia bezpośredni kontakt z obudową ŁP. Fakt oszczędności w czasie wykonywanych robót i oszczędności z kosztami logistycznymi związanymi z transportem materiałów, sprzętu jest jednoznacznie zauważalny. Wynikami naszych badań są zdjęcia i filmy z opisywanych przez nas testów, z których można zaobserwować bardzo krótki czas wykonywania robót (około 5 minut od rozpoczęcia mieszania komponentów). Produkt daje możliwość pracy bez podejmowania zbędnego ryzyka podczas wykonywania zadania. Kopalnia Piast-Ziemowit Ruch Ziemowit wykonała testy w drażonym przodku, lecz zastosowanie worków PILLOW



Zdj. 2. Pustka nr 1 przeznaczona do badania – przed wypełnieniem

Photo 2. Research position no. 1 - before filling



Zdj. 3. Pustka nr 1 przeznaczona do badania – przed wypełnieniem

Photo 3. Research position no. 1 - after filling



Zdj. 4. Pustka nr 2 przeznaczona do badania  
Photo 4. Research position no. 2



Zdj. 5. Pustka nr 2 przeznaczona do badania – inne ujęcie  
Photo 5. Research position no. 2 - another view

BAG® może być wykorzystane podczas obwałowań skał stopowych w ścianach wydobywczych.

**Zalety zauważone przez naszą kopalnię:**

- brak kosztów związanych z transportem pompy i komponentów przeznaczonych do pianowania górotworu,
- bardzo szybki czas wykonania powierzzonego zadania,
- łatwy sposób użycia,
- zastosowanie w przodkach oraz ścianach wydobywczych podczas obwałowań skał stopowych,
- zastosowanie jako wypełnienie pustek,
- mała masa produktu,

- dowolna możliwość ukształtowania worka przed włożeniem do szczeliny,
- niska temperatura reakcji składników,
- wystarczający czas reakcji składników A i B pozwalający na spokojną zabudowę produktu w miejscu docelowym (np. pustka nad obudową ŁP),
- zapewnienie bezpieczeństwa robót górniczych przy zachowaniu szybkiego tempa ich prowadzenia,
- produkt charakteryzuje się odpornością na działanie wody, jest to bardzo ważny parametr związany z panującymi warunkami w Kopalni Piast-Ziemowit.

## 7. Wnioski

Powstawanie obwałów skał stopowych jest przerwaniem ciągłości robót. Szybkie zastosowanie odpowiedniej profilaktyki może ograniczyć koszty związane z przestojami. Czynniki powodujące powstawanie opadów skał stropowych są znane i możliwe do przeanalizowania, lecz odpowiedni czas reakcji powoduje zmniejszenie kosztów związanych z brakiem ciągłości wykonywanych robót. Pojemniki wypełniająco-podpornościowe pozwalają na szybką reakcję w sytuacji kryzysowej, co pozwoli na nieprzerwanie ciągłości wykonywanych robót.

Po przeprowadzonych pracach jesteśmy w stanie ocenić skuteczność pojemników wypełniająco-podpornościowych. Przedmiotowe pojemniki znajdują szerokie zastosowanie w kopalniach węgla kamiennego, a w szczególności w Kopalni Piast-Ziemowit. Worki pianowe są rozwiązaniem bezpiecznym dla załogi oraz są dostosowane do panującej na dole kopalni atmosfery. Budowa pojemnika zabezpiecza przed migracją zasolonej wody wewnątrz rozprężonej piany.

Zaproponowana metoda profilaktyki przy pomocy worków wypełniająco-podpornościowych jest aktualnie metodą innowacyjną, wchodzącą na rynek.

## Literatura:

**Rozporządzenie** Ministra Energii z dnia 23 listopada 2016 r. w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących prowadzenia ruchu podziemnych zakładów górniczych. §124.1.

**Instrukcja** Bezpiecznego Stosowania SYSTEM PILLOW BAG® pojemnik wypełniająco-podpornościowy wypełniony pianą krzemionkową mineral fill o nr DSI-SCh-367/19 sporządzoną dnia 20.12.2019 r.

**Karta** Techniczna Produktu SYSTEM PILLOW BAG® pojemnik wypełniająco-podpornościowy wypełniony pianą krzemionkową mineral fill sporządzoną dnia 16.12.2019 r..

PRUSEK S. 2014 - Czynniki wpływające na powstawanie obwałów skał w ścianach prowadzonych z zawalem stropowym. „Przeгляд Górnicy” nr 3, s. 71 – 78.

Artykuł wpłynął do redakcji – czerwiec 2020

Artykuł zaakceptowano do druku – 25.07.2020