ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1994
Seria: GÓRNICTWO z.221 Nr kol. 1256

Wacław ANDRUSIKIEWICZ, Maciej MAZURKIEWICZ
Zakład Górnictwa Podziemnego
Akademii Górniczo - Hutniczej, Kraków

OCHRONA WYROBISKA PRZYŚCIANOWEGO ANHYDRYTOWYM PASEM PODSADZKOWYM - PROPOZYCJA METODY OKREŚLANIA JEGO SZEROKOŚCI

Streszczenie. W artykule przedstawiono metodę ochrony ociosu odzawałowego korytarzowego wyrobiska przyścianowego, przy wykorzystaniu pasów z podsadzki utwardzanej na bazie anhydrytu. W wyniku przeprowadzonych badań i obserwacji zaproponowano metodę określania optymalnych wymiarów pasa podsadzkowego.

PROTECTION OF GATEWAY BY MEANS OF ANHYDRITE FILL BELT-PROPOSAL OF A METHOD FOR DETERMINING ITS WIDTH

Summary. In the article has been presented a method of protection of a wall side near caved area in a gateway using a hardening fill belt (artificial pillar) based on anhydrite. As a result of research work and observations a method been proposed for determining the optimum dimensions of the fill belt.

ЗАЩИТА ПРИЗАБОЙНОЙ КОРИДОРНОЙ ВЫРАБОТКИ АНГИДРИТОВОЙ ЗАКЛАДОЧНОЙ ПОЛОСОЙ - ПРЕДЛОЖЕНИЕ МЕТОДЫ ВЫЧИСЛЕНИЯ ЕЁ ШИРИНЫ

Резюме. В работе представлен метод защиты бока призавальной коридорной выработки, пройегающей в лаве, с использованием полос из затвердевающей закладки на базе ангидрита. В результате проведенных исследований и наблюдений разработан метод определения оптимальных размеров закладочной полосы.

1. WSTĘP

Eksploatacja złóż węgla kamiennego zmusza do udostępniania nowych pokładów i prowadzenia ich eksploatacji na coraz większych głębokościach. Konsekwencją tego stanu rzeczy jest ciągły wzrost stopnia skomplikowania warunków geologiczno-górniczych. Problem ten rodzi konieczność poszukiwania nowych rozwiązań technicznych prowadzenia i utrzymania wyrobisk kopalnianych, gdyż dotychczas wypróbowane i stosowane metody okazują się zawodne. Jednym z takich zagadnień jest problematyka utrzymania wyrobisk przyścianowych. Poprawna ocena współpracy obudowy z górotworem jest warunkiem racjonalnego jej zaprojektowania w taki sposób, by ograniczyć niekorzystne oddziaływanie górotworu do minimum. Poszukiwanie rozwiązania tego problemu zaowocowało coraz częstszym stosowaniem obudowy kotwiowej, lecz popularność użytkowanej obecnie stalowej obudowy odrzwiowej z łuków podatnych zapewnia jej wykorzystanie przez wiele jeszcze lat. Obudowa odrzwiowa, z uwagi na swoją konstrukcję oraz nośność, niejednokrotnie nie jest w stanie w dostatecznym stopniu przeciwdziałać zjawisku zaciskania wyrobiska, szczególnie w sytuacji wykorzystania jej w zawale. W związku z tym od lat prowadzi się badania nad sposobem jej wzmacniania. Opracowano wiele metod ochrony wyrobisk przyścianowych, jednak trudno dziś mówić o wypracowaniu jednej, idealnej dla każdych warunków. Wśród tych metod istnieje stosowany od lat 70. sposób zabezpieczania chodników przyścianowych poprzez zastosowanie pasów ochronnych z podsadzki utwardzanej na bazie anhydrytu. Metoda ta od kilku lat wdrażana jest i stosowana w polskich kopalniach węgla kamiennego. Przeprowadzono szereg obserwacji dołowych dotyczących konwergencji wyrobisk chronionych [1, 2], wysnuwano pozytywne wnioski na temat zastosowania pasów anhydrytowych; metodą "prób i błędów" w praktyce wypracowano orientacyjne wymiary (proporcje) przekroju poprzecznego pasa ochronnego.

Celem autorów było ustalenie optymalnych wymiarów ochronnego pasa anhydrytowego opartych na wspomnianych pomiarach [2] oraz opracowanie uzyskanych wyników w formie przydatnej dla praktyki górniczej. Przedstawiony problemrozwiązano analitycznie opierając się na wcześniejszych opracowaniach [5, 6], które zweryfikowano za pomocą modelowania numerycznego przy wykorzystaniu metody elementów skończonych.

2.STOSOWANIE PRZYCHODNIKOWYCH PASÓW OCHRONNYCH Z PODSADZKI UTWARDZANEJ W GÓRNICTWIE WĘGLA KAMIENNEGO

Dotychczasowa praktyka wykazuje, że często, pomimo stosowania różnych dodatkowych wzmocnień, parametry wyrobiska przyścianowego, takie jak szerokość i wysokość (a w konsekwencji wielkość przekroju poprzecznego) nie są dotrzymywane. Obudowa tych wyrobisk podlega wzmożonemu działaniu górotworu, który tworzy nad wyrobiskiem wspornik utwierdzony po stronie nienaruszonego górotworu, wspierający się na obudowie. W związku z tym zachodzi konieczność zabezpieczania wyrobisk korytarzowych przed wpływem górotworu, polegająca na wzmocnieniu obudowy lub - w przypadku długiego wspornika - na wykonaniu podparcia od strony zawału, obciążającego obudowę, co zabezpiecza ją przed zagnieceniem wzdłuż ociosu. Wzmocnienie to winno charakteryzować się wysoką podpornością oraz niewielką odkształcalnością (lub ściśliwością), a także gwarantować dobre panowanie nad sztywnym i na ogół mocnym stropem [10]. W praktyce stosuje się trzy grupy metod: pierwsza polega na wzmocnieniu obudowy od strony wewnętrznej, druga na wzmocnieniu obudowy poprzez wykonanie dodatkowych elementów poza nią, trzecia na "przesunięciu" wypadkowej obciążenia w kierunku calizny węglowej. Dotychczasowe doświadczenia - uzyskane ze stosowania różnych metod ochrony wyrobisk korytarzowych przyścianowych - spowodowały, iż określono warunki, jakim powinna odpowiadać metoda polegająca na zastosowaniu technologii podsadzki utwardzanej. Do warunków tych należą:

a) zmiana stanu skupienia luźnych ziaren materiału podsadzkowego, przez co materiał traci swoją sypkość i uzyskuje właściwości mechaniczne;

b) zastąpienie w górotworze wyeksploatowanej kopaliny masywem o sztywności zbliżonej do skał i podpierającym strop w sposób ciągły;

c) zapewnienie wykonanemu pasowi odpowiednich parametrów wy- trzymałościowych.

W tym stanie rzeczy koniecznością stało się podjęcie prac nad poszukiwaniem tworzywa, które charakteryzowałoby się łatwą dostępnością oraz niską ceną. Materiał ten musi dodatkowo spełniać kilka warunków technicznych, którymi są:

- łatwość użycia w miejscu zastosowania;
- łatwy transport w warunkach kopalnianych;
- krótki czas wiązania;
- duża wytrzymałość na ściskanie;

- szczelne wypełnienie pustki pomiędzy spągiem a stropem;
- możliwość zastosowania pełnej mechanizacji robót;
- niepalność;
- nietoksyczność;
- nieprzekazywanie do wód podziemnych ładunków zanieczyszczeń chemicznych.

Stawiane wymagania spełniła podsadzka utwardzana, wykonana na bazie anhydrytu [12]. Materiał ten, jako podstawowy, może być stosowany z dodatkiem aktywatora, którego zadaniem jest przyspieszanie czasu wiązania materiału oraz podnoszenie jego właściwości mechanicznych. Nieaktywowana mączka anhydrytowa pod wpływem wody przekształca się w gips ($CaSO_4 * 2H_2O$), a proces tężenia ma charakter wolnowiążący. Czas wiązania zależy od stosunku ilości wody do ilości anhydrytu; wydłuża się wraz ze wzrostem udziału wody. Tężejące zaczyny anhydrytowe charakteryzują się niewielkim przyrostem doraźnej wytrzymałości na ściskanie w czasie [13]. Jak już wspomniano, na czas wiązania oraz na wzrost doraźnej wytrzymałości na ściskanie ma wpływ zastosowanie aktywatora. Do najczęściej stosowanych aktywatorów można zaliczyć:

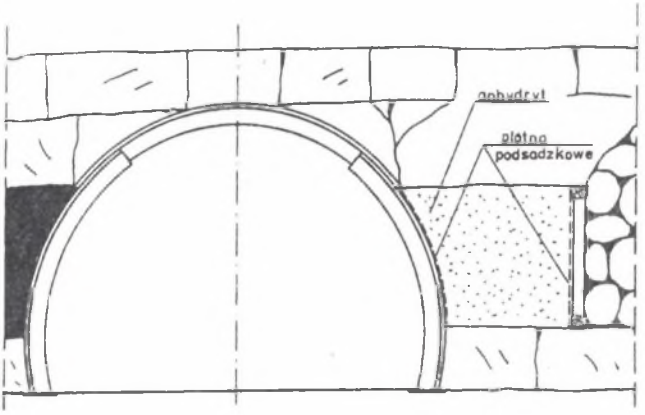
- wodorotlenek sodowy /NaOH/;
- chlorek sodu /NaCl/;
- wodorofosforan sodowy /$Na_2HPO_4 * 12 H_2O$/;
- węglan sodowy /$Na_2CO_3 * 10 H_2O$/.

Niewielkie ilości aktywatora (do około 2% wagowo) w istotny sposób skracają czas wiązania - nawet do 2 godzin. Niebagatelną rolę odgrywają takie czynniki, jak:

- stosunek ilości wody do anhydrytu;
- rodzaj i ilość użytego aktywatora;
- temperatura otoczenia;
- wilgotność powietrza.

Podjęto badania nad próbą zastąpienia części mączki anhydrytowej wypełniaczem. Wypełniacz powinien być materiałem mineralnym, nierozpuszczalnym w wodzie, obojętnym chemicznie wobec zaczynu anhydrytowego oraz aktywatorów. Badania prowadzone przez autorów z m. in. takimi wypełniaczami, jak piasek, żużel, popioły lotne, odpady poflotacyjne i inne, wykazały znaczne obniżenie doraźnej wytrzymałości na ściskanie uzyskanej w ten sposób mieszaniny.

Aktualnie w polskim górnictwie węgla kamiennego, w przypadku budowania pasów podsadzkowych, stosuje się podsadzkę utwardzaną na bazie mączki anhydrytowej z dodatkiem aktywatorów [4].



Rys. 1. Schemat ochrony wyrobiska korytarzowego pasem anhydrytowym

Fig. 1. Diagram of protection of the gateroad by the anhydrite rib pillar

Na rysunku 1 przedstawiono sposób wykonania pasa anhydrytowego w chodniku przyścianowym. Od strony zawału często stosuje się dodatkowe zabezpieczenie stropu (np. organy, stos itp.), które ma za zadanie przejęcie obciążeń do czasu uzyskania przez pas podsadzkowy pełnej wytrzymałości na ściskanie. Przestrzeń między zawałem a obudową chodnika ekranowana jest płótnem podsadzkowym [7].

Rozwiązany został również problem mechanizacji budowy anhydrytowego pasa podsadzkowego [11]. Materiał podsadzkowy (anhydryt o odpowiednim uziarnieniu) podawany jest poprzez rurociąg podsadzkowy za pomocą sprężonego powietrza spełniającego rolę medium transportującego. Drugim rurociągiem doprowadza się pod ciśnieniem wodny roztwór aktywatora, który zostaje podany do końcówki rurociągu podsadzkowego poprzez dyszę wodną i łączy się z transportowaną mączką anhydrytową. Rozwiązanie to, na bazie podsadzarki "Brieden" po raz pierwszy w Polsce zastosowano w KWK "Ziemowit" w 1973 roku [11], jednak ówczesne doświadczenia nie były zadowalające i technologia ta została na pewien czas zaniechana. O wiele prostszym rozwiązaniem (spełniającym taką samą funkcję jak podsadzarka "Brieden") jest system modułowego transportu pneumatycznego "Polko", charakteryzujący się możliwością transportu na znaczne odległości - do około 3000 m [8, 14].

System ten, zaprojektowany i skonstruowany w latach osiemdziesiątych przez pracowników Politechniki Śląskiej, został wdrożony w ponad 40 przypadkach w kopalniach węgla kamiennego. Modułowa konstrukcja systemu pozwala na optymalny jego dobór w zależności od aktualnych potrzeb kopalni. Dotychczasowe doświadczenia związane z eksploatacją urządzeń systemu "Polko" w warunkach dołowych potwierdziły ich pełną przydatność do założonych zadań, a także wysoką niezawodność. Główną zaletą systemu jest możliwość stosowania szerokiego zakresu regulacji parametrów transportu, co ma szczególne znaczenie przy wykonywaniu zróżnicowanych robót w zakresie podziemnego budownictwa górniczego [13].

3. EFEKTY TECHNICZNE STOSOWANIA PASÓW OCHRONNYCH

Zastosowanie pasów ochronnych z podsadzki utwardzanej przynosi nastepujące efekty:

- Wpływa dodatnio na stateczność stropu oraz na jego współpracę z obudową wyrobiska. Przeprowadzone badania modelowe [9] i dotychczasowa praktyka wykazują, że stosowanie tradycyjnych zabezpieczeń jest mało skuteczne i dodatkowo pracochłonne. Zastosowanie pasa z podsadzki utwardzanej umożliwia skuteczne zabezpieczenie ociosu wyrobiska od strony zrobów w sposób ciągły, poprzez przejęcie ciśnienia skał nadległych i wytworzenie nad wyrobiskiem belki opartej z jednej strony w caliźnie, z drugiej zaś na pasie podsadzkowym. Właściwości wytrzymałościowe pasa (w przypadku zastosowania anhydrytu o R_c dochodzącym do 28 MPa [10]) gwarantują przejęcie obciążeń pochodzących od belki stropowej. Dodatkowym plusem tego sposobu ochrony wyrobisk przyścianowych jest niemal pełna mechanizacja wykonywania pasa, możliwość uzyskania stosunkowo wysokiej podporności wstępnej już po kilku godzinach od momentu wzniesienia pasa oraz dość duża dokładność wypełnienia pustki, zależna tylko w niewielkim stopniu od czynnika ludzkiego. Badania nad oddziaływaniem przychodnikowego pasa podsadzkowego z anhydrytu na stan obudowy chodnika przyścianowego prowadzone były w latach sześćdziesiątych przez niemiecki Zakład Doświadczalny Obudowy Górniczej i Mechaniki Górotworu pod patronatem Europejskiej Wspólnoty Węgla i Stali. Mniej wiecej 10 lat później przeprowadzono w Polsce w kopalni "Ziemowit" pierwsze badania i próby [11]. Miały

one charakter wycinkowy. Szacunkowo określono, że zastosowanie pasa anhydrytowego ograniczyło konwergencję wyrobiska średnio o 16% w porównaniu do wyrobiska zabezpieczonego stosami drewnianymi. Stwierdzono, że wartość konwergencji wzrasta wraz ze wzrostem grubości pokładu węgla. Eksperyment przeprowadzono bez dostatecznego przygotowania. Jego efekty oceniono jako mało zachęcające do dalszych stosowań. Dopiero osiągnięcia Politechniki Śląskiej (system "Polko") spowodowały, tym razem uwieńczony sukcesem, powrót do pracującego na świecie rozwiązania.

- Ułatwia przewietrzanie przodka ścianowego. Szczelne wypełnienie pustej przestrzeni pomiędzy stropem a spągiem wyrobiska korytarzowego wzdłuż strefy zawału (jak już wcześniej wspomniano, w wyniku procesu wiązania pas podsadzkowy przybiera właściwości ciała stałego; między innymi jest gazonieprzepuszczalny) pozwala na doprowadzenie w rejon przodka ścianowego maksymalnej ilości świeżego powietrza, które nie ma możliwości ucieczki w zroby (a przynajmniej możliwość tę ma znacznie ograniczoną - wynika to z dokładności wykonania pasa). W przypadku kopalń charakteryzujących się dużą metanonośnością złoża zjawisko ma charakter odwrotny, tzn. pas podsadzkowy uniemożliwia przedostawanie się metanu i innych gazów kopalnianych ze zrobów do wyrobiska przyścianowego. To z kolei ułatwia odprowadzenie tych gazów z zawału. Przytoczone względy poprawiają również bezpieczeństwo pożarowe w rejonie stosowania pasów podsadzkowych, zwłaszcza w przypadku występowania pokładów węgla skłonnych do samozapalania. Odcięcie dopływu powietrza do zrobów zawałowych w znacznym stopniu uniemożliwia powstanie pożaru w zawale [3, 13].

4. PROPOZYCJA METODY OKREŚLANIA SZEROKOŚCI PASA OCHRONNEGO

Celem przeprowadzonych badań i obserwacji było poznanie istniejących powiązań i współzależności pomiędzy parametrami mechanicznymi górotworu i materiału pasa podsadzkowego a proporcjami wymiarów jego przekroju poprzecznego. Zamiarem autorów było skonstruowanie metody pozwalającej na określenie szerokości anhydrytowego pasa podsadzkowego.

Proponowana metoda obliczeń oparta jest na równaniu ugięcia belki stropowej. Konieczna jest także znajomość wartości wytrzymałości na ściskanie R_c materiału, z którego wznoszony jest pas podsadzkowy.

Punktem wyjściowym jest równanie (1) linii ugięcia wspornikowej belki stropowej utwierdzonej w górotworze i wolnopodpartej na pasie podsadzkowym.

$$w(x,t) = [\frac{1}{24}\frac{p_z x^4}{EJ} - \frac{5}{48}\frac{p_z L x^3}{EJ} + \frac{1}{16}\frac{p_z L^2 x^2}{EJ}][1 - e^{-\frac{E}{\lambda}t}] \quad (1)$$

gdzie: p_z - ciśnienie pierwotne, MPa;

L - rozpiętość belki wspornikowej, m;

J - moment bezwładności belki stropowej, m^4;

E - moduł Younga górotworu, MPa;

x - współrzędna bieżąca, m;

t - czas, lata;

E/l - odwrotność czasu opóźnienia sprężystego (dla skał karbońskich średnio E/l = 1.5);

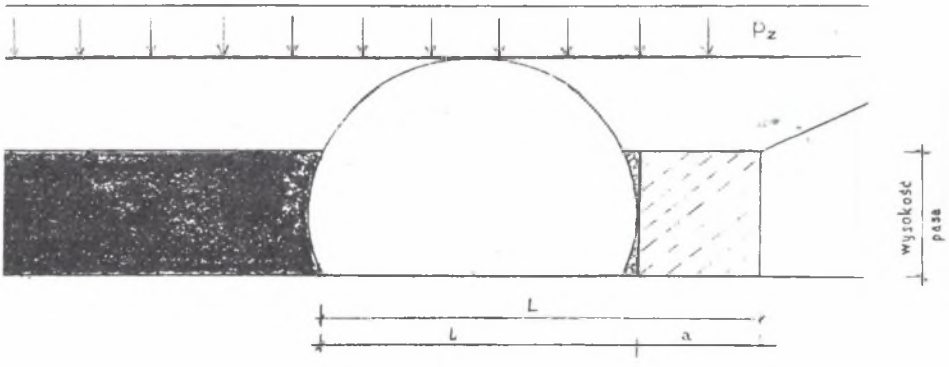
w - osiadanie stropu jako f(x, t), m.

Biorąc pod uwagę fakt, że pas anhydrytowy jest podporą belki, to obciążenie pasa podsadzkowego Q ze statycznego punktu widzenia jest równe reakcji R na podporze określonej wzorem:

$$R = Q = EJ\frac{d^3w}{dx^3} \quad (2)$$

Różniczkując trzykrotnie równanie (1) i wstawiając je do równania (2) otrzymamy:

$$R = Q = \frac{3}{8}p_z L(1 - e^{-\frac{E}{\lambda}t}) \quad (3)$$



Rys.2.Belka stropowa podparta pasem anhydrytowym

Fig.2.The roof supported by the anhydrite rib pillar

Występująca w równaniach (1) i (3) wielkość L - rozpiętość belki stropowej, jest sumą szerokości wyrobiska oraz pasa podsadzkowego - przedstawia to rysunek 2.

$$L = l + a \tag{4}$$

gdzie: l - szerokość wyrobiska, m;

a - szerokość pasa podsadzkowego, m.

Ze względu na to, że pas podsadzkowy stanowi podporę belki stropowej, musi być spełniony warunek wytrzymałościowy:

$$Q \leq \frac{R_c}{a \quad l \quad [mb]} \tag{5}$$

gdzie: R_c - wytrzymałość materiału pasa na ściskanie, MPa.

Po wstawieniu do równania (3) równania (4) i warunku (5), po odpowiednich przekształceniach możemy obliczyć niezbędną szerokość pasa podsadzkowego:

$$a \geq \frac{p_z l(1-e^{-\frac{E}{\lambda}t})}{4R_c - p_z(1-e^{-\frac{E}{\lambda}t})} \tag{6}$$

Obliczona tym sposobem szerokość pasa podsadzkowego na bazie anhydrytu nie jest rozwiązaniem ścisłym, lecz przybliżonym. Przyjęty tok rozumowania nie uwzględnia podporności obudowy chodnikowej oraz współczynnika bezpieczeństwa.

Przeprowadzona analiza numeryczna zagadnienia współpracy pasa podsadzkowego z górotworem wykazała, że istnieją pewne współzależności pomiędzy wysokością i szerokością pasa oraz jego statecznością. Najkorzystniejsza szerokość pasa podsadzkowego zawiera się w przedziale 0.7 do 1.1 jego wysokości. Zbyt mała szerokość pasa, a co za tym idzie - duża smukłość, może spowodować, że pas ulegnie zniszczeniu na skutek wyboczenia. Również zbyt duża szerokość pasa nie jest korzystna, gdyż w pasie może występować duża koncentracja naprężeń powodujących jego zniszczenie.

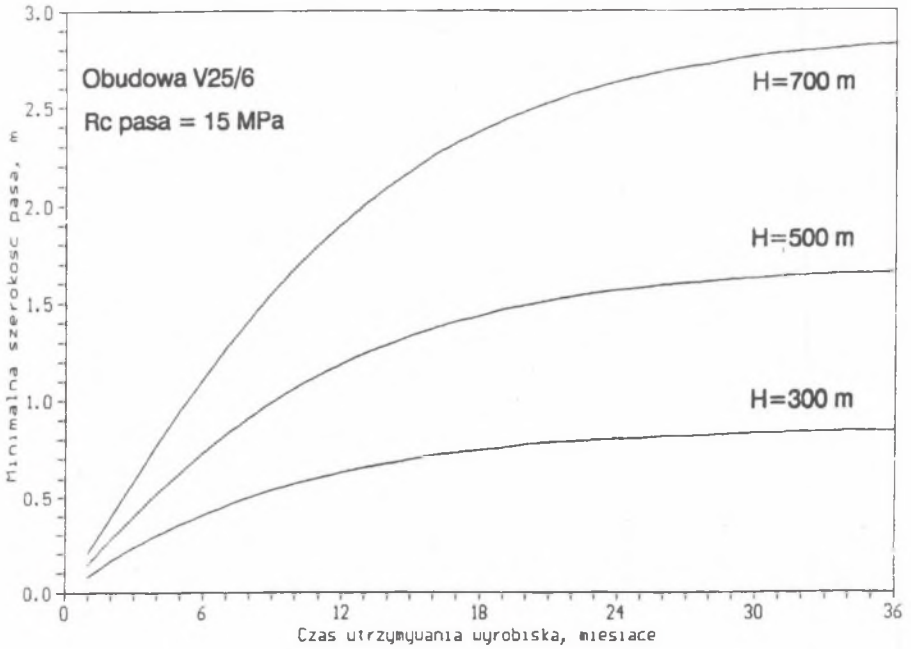
Przykład

Wyrobisko chodnikowe przyścianowe w obudowie V 25/6 o szerokości l = 3.7 [m], na głębokości H = 700 [m]. Przewidywany czas utrzymywania wyrobiska wynosi 6 miesięcy. Ciężar objętościowy skał nadległych = 25 [kN/m^3]. Grubość eksploatowanego pokładu wynosi m = 1.5 [m]. Pas ochronny wykonany z materiału o wytrzymałości na ściskanie Rc = 15 [MPa]. Wyznaczyć szerokość pasa ochronnego.

Rozwiązanie

Wstawiając posiadane dane do wzoru (6) obliczamy niezbędną szerokość pasa a = 1.11 [m]. Przyjęte proporcje pasa mieszczą się w zalecanym przedziale wartości i wynoszą a/w = 0.74.

Na rysunku 3 przedstawiono przykładowy wykres pomocniczy do przybliżonego określania szerokości pasa podsadzkowego, przy założonych stałych: szerokość wyrobiska i wytrzymałość pasa na ściskanie. Dla zmieniającej się którejkolwiek stałej należy opracować nowy wykres.



Rys.3. Przykład wykresu pomocniczego do określania szerokości pasa

Fig.3. The example of a diagram for determining the width of rib pillar

Jak już wspomniano, opisana metoda jest szacunkowym określeniem wymiarów przekroju poprzecznego pasa anhydrytowego, a właściwie jego szerokości. Niemniej jednak wydaje się sposobem miarodajnym i możliwym do stosowania w praktyce inżynierskiej, tym bardziej że w zagadnieniach budownictwa górniczego większość obliczeń daje wyniki przybliżone (chociażby ze względu na niejednorodność górotworu czy brak jego pełnego rozpoznania).

5. WNIOSKI

Racjonalna gospodarka złożem wymaga doboru takiego systemu eksploatacji pokładów węgla, by jego straty były jak najmniejsze. Jednym ze sposobów takiej eksploatacji jest system ścianowy pozwalający na wykorzystanie chodnika przyścianowego poprzednio wybranej ściany, dla kolejnej. Trudne warunki geotechniczne, jak i zagrożenia naturalne wymagały nieraz pozostawiania węglowych filarów oporowych bądź to jako "podpory", bądź też jako ekranu odcinającego pola metanowe; sporadycznie jako filar ochronny odcinający pole pożarowe.

Taki stan rzeczy powodował pozostawianie resztek węgla, co było nieuzasadnione z ekonomicznego punktu widzenia. Dopiero zastosowanie metod ochrony ociosu odzawałowego wyrobiska przyścianowego pasem podsadzki utwardzanej pozwoliło na poprawę tej sytuacji. Najlepsze rezultaty uzyskuje się poprzez zastosowanie technologii "Polko" i anhydrytu. Celem pracy było poddanie analizie geomechanicznej współpracy tego sposobu ochrony z górotworem. Wnioski ogólne podano poniżej:

1. Przeprowadzone badania techniczne [1] wykazały, że zastosowanie anhydrytowego pasa podsadzkowego znacznie ogranicza konwergencję, zwłaszcza pionową, stropu wyrobiska chronionego, w porównaniu do innych metod. Pozwala to na wykorzystanie wyrobiska dla następnej ściany bez konieczności jego przebudowania (pobierka spągu, wymiana obudowy itp.), lub przebudowy w znacznie bardziej ograniczonym zakresie niż dotychczas.
2. Zaletą pasa podsadzkowego wykonanego z materiałów anhydrytowych jest szczelne odizolowanie zrobów zawałowych od wyrobiska korytarzowego. Odgrywa to ogromną rolę w efektywności przewietrzania przodka ścianowego, zwłaszcza w sytuacji występowania pokładów metanowych bądź skłonnych do samozapalenia.
3. Optymalne proporcje geometrycznego przekroju poprzecznego pasa ochronnego (szerokość/wysokość) zależą w dużej mierze od jego wytrzymałości na ściskanie. Dobór wymiarów pasa, jak i jego własności wytrzymałościowych powinien następować z uwzględnieniem receptury stosowanego tworzywa anhydrytowego.

4. Warunkiem poprawnej, zapewniającej stateczność współpracy anhydrytowego pasa podsadzkowego z górotworem jest nie tylko odpowiednia jego sztywność (moduł Younga). Istotne znaczenie mają analogiczne własności skał stropowych i spągowych.
5. Zwiększanie szerokości pasa ochronnego w stosunku do jego wysokości ponad pewną granicę przestaje przynosić oczekiwane efekty, a wręcz może być szkodliwe, powodując zwiększenie koncentracji niekorzystnych naprężeń w jego sąsiedztwie. Optymalna wartość proporcji wymiarów szerokości do wysokości pasa zawarta jest w przedziale 0.7 1.1.
6. Przyjęty sprężysty model górotworu oraz metoda modelowania numerycznego wykazały pełną przydatność w analizowanych przypadkach. Wyniki uzyskane przez modelowanie zostały potwierdzone przez przeprowadzone badania techniczne. Świadczy to o prawidłowym przyjęciu siatki modelowej, obciążeń oraz parametrów mechanicznych poszczególnych stref materiałowych.
7. Dalsze prace w tym zakresie powinny być ukierunkowane na przeprowadzenie cyklu analogicznych badań, przy założeniu, że w modelowaniu numerycznym górotworu zostaną uwzględnione zjawiska reologiczne. Dotychczasowe doświadczenia wskazują, że w niektórych przypadkach model sprężysty górotworu może być nieprzydatny. Rozszerzenie badań pozwoli na dokładniejsze rozgraniczenie strefy zniszczenia natychmiastowego i powstałej w zależności od czasu, a także na określenie strefy lepko-sprężystej.

Autorzy wyrażają przekonanie, że wobec wzrastającej popularności zastosowania w praktyce górniczej technologii "Polko" oraz materiałów opartych na bazie anhydrytu, przeprowadzone badania przyczynią się do zwiększenia bezpieczeństwa pracy oraz zmniejszenia kosztów, co w obecnej sytuacji ekonomicznej jest zagadnieniem niezmiernie istotnym.

LITERATURA

[1] Andrusikiewicz W.: Optymalizacja parametrów anhydrytowego pasa ochronnego przy wybieraniu węgla systemem ścianowym. Praca doktorska (nie publikowana). AGH, Kraków 1993.

[2] Andrusikiewicz W., Mazurkiewicz M.: Ocena efektywności stosowania anhydrytowych pasów ochronnych. Referat na konferencji naukowej "Działalność górnictwa węgla kamiennego w warunkach gospodarki rynkowej i ograniczeń ekologicznych (aspekty prawno-ekonomiczne, technologiczne i społeczne). Gliwice, 26 - 27 listopada 1993.

[3] Biernacki K., Ziętek T.: Ocena szczelności przychodnikowych pasów anhydrytowych. Przegląd Górniczy 1986, nr 5.

[4] Chudek M., Janiczek S., Majchrzak R., Madaj M., Klimas W.: Spoiwa anhydrytowe ziarniste do wykonywania pasów podsadzkowych w chodnikach przyścianowych ścian zawałowych. Przegląd Górniczy 1988, nr 4.

[5] Gil H.: Teoretyczne uzasadnienie stosowania kolumn bentonitowych zamiast pasów podsadzkowych przy systemie ścianowym z zawałem stropu. Przegląd Górniczy 1962, nr 5.

[6] Gil H., Czypionka S., Jaworski A., Krzyżowski A.: Próba analitycznego określenia bezpiecznej długości wspornika warstw stropowych w ścianach zawałowych z obudową zmechanizowaną. Przegląd Górniczy 1976, nr 1.

[7] Homa D., Kluczniok B., Madaj M., Ziętek T.: Zastosowanie anhydrytowego pasa podsadzkowego do ochrony chodników przyścianowych i uszczelniania zrobów w KWK "Moszczenica". Wiadomości Górnicze 1984, nr 9.

[8] Homa D., Piątkiewicz Z., Kowalski E.: Badania urządzeń transportu pneumatycznego w aspekcie potrzeb procesu torkretowania. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej nr 77. Gliwice 1984.

[9] Janiczek S., Majchrzak R.: Doświadczenia z badań nad zastosowaniem aktywowanych i ekspansywnych spoiw anhydrytowych w przemyśle węglowym. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej nr 835, seria Górnictwo, z. 134, Gliwice 1985.

[10] Kapłanek A., Książek W.: Sposoby ochrony chodników przyścianowych stosowane i sprawdzone w warunkach kopalni "Szczygłowice". Przegląd Górniczy 1983, nr 8-9.

[11] Niechciał T., Żukiewicz E.: Wyniki prac wdrożeniowych nad zastosowaniem przychodnikowych pasów podsadzkowych z anhydrytu w kopalni "Ziemowit". Wiadomości Górnicze 1974, nr 6.

[12] Postawa J., Mazurkiewicz M.: Możliwość zastosowania podsadzki anhydrytowej dla ochrony wyrobisk górniczych. Zeszyty Naukowe AGH nr 505, seria Górnictwo, z. 74. Kraków 1976.

[13] Praca zbiorowa pod redakcją W. Sakwy i M. Chudka: Spoiwa anhydrytowe oraz urządzenia do ich pneumatycznego transportu systemu "Polko" w górnictwie podziemnym. Wrocław 1987.

[14] Transport pneumatyczny systemu "Polko" i jego zastosowanie w ekologicznych procesach technologicznych. Prospekt reklamowy.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Jan ZYCH

Wpłynęło do Redakcji w maju 1994 r.

Abstract

The authors of the paper described one of the method of protection of a gateway against an impact of caved area on stability of support of the excavation - Fig. 1. Presented are the requirements which should been met by the protective belt made of hardening filling based on anhydrite. Against the background they discussed some technological aspects connected with components of the filling mixture and olsa considered full mechanization method of building the belt using the Polish equipment for pneumatic transport "Polko". Based on numerical analysis and in situ observations, they considered technical effects connected with the application of the protective belts. Based on the experience, and using known theoretical solutions for one side fixed beam and free supported one (formulas 1 - 3) they found a method which allows optimization of the width of the protective belt (formulas 4 - 6, Fig. 2, Fig. 3). As conclusions the authors presented their remarks and observations regarding the anhydrite belts, which that were made during the research work.